



Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Soluções de Saneamento Aplicadas a Populações de Países  
em Vias de Desenvolvimento**

Caso de Estudo Mindelo – Cabo Verde

Por

Ana Filipa Ferrão Gonçalves

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Sanitária

Orientador Científico: Prof. Doutora Leonor Amaral

Monte da Caparica

Maio de 2008

*“Em muitas situações em vários países, a água residual é simplesmente demasiado valiosa para ser desperdiçada.”*

Fatta, D., et al (2003)

À minha família

Aos meus amigos

A todos os que cruzam o meu caminho e  
que comigo partilham momentos únicos  
nesta existência a que chamamos vida.

## SUMÁRIO

Nos países em vias de desenvolvimento, as soluções de saneamento utilizadas são muitas vezes inadequadas, não se adaptando às especificidades do meio em que se inserem. No entanto, soluções mais evoluídas e complexas, adaptadas à realidade local, contribuem directamente para a melhoria das condições de vida das populações, para a protecção do meio ambiente, principalmente da água, bem escasso e vital, e para o desenvolvimento económico e social da comunidade.

Os produtos destas soluções de saneamento têm vindo a ser considerados recursos importantes a explorar, nomeadamente a utilização de águas residuais tratadas na irrigação de campos agrícolas, decorrendo desta utilização a promoção do desenvolvimento local, o crescimento da economia, a produção de alimentos de qualidade e em quantidade que abastecem os mercados locais. Esta utilização pode ainda ser considerada como um factor de protecção do ambiente, por reduzir drasticamente a carga poluente destes efluentes, por promover a biodiversidade e por contribuir para a sustentabilidade do sistema de saneamento.

Uma análise das soluções de saneamento da cidade do Mindelo, integrada com a análise do sistema de abastecimento de água para consumo humano, e com o sistema de utilização de água residual tratada na agricultura, revelou que o sistema de saneamento existente é sustentável e favorece o desenvolvimento local.

## SUMMARY

In developing countries wastewater systems are often inadequate and not adapted to regional specificities. However, more evolved and complex solutions contribute directly to populations' wellbeing, environment protection, especially water, a vital and scarce good, and for the economic and social development of the community.

The products of wastewater systems are being considered important resources explore, namely crop irrigation with treated wastewater, resulting in the promotion of local development, economy growth, quality food production in quantities that help to supply the local markets. This utilization is also considered to be a main factor for environmental protection as it reduces radically wastewater pollutant load, it promotes biodiversity and contributes to the wastewater systems sustainability.

An analysis to Mindelo's wastewater system, integrated with the analysis of water supply system and treated wastewater reuse for irrigation, revealed that it is a sustainable system supporting local development.

## **SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES**

CBO<sub>5</sub> – Carência Bioquímica de Oxigénio

CMSV – Câmara Municipal de São Vicente

DR-MAAP – Direcção Regional do Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas

ECV – Escudo Caboverdeano (unidade monetária)

ELECTRA – ELECTRA, S.A.R.L. – Electricidade e Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização da Agricultura e Alimentação das Nações Unidas)

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INE – Instituto Nacional de Estatística

MAAP – Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas

MDG – Millenium Development Goals (Objectivos de Desenvolvimento do Milénio)

MpD – Movimento para a Democracia

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAICV – Partido Africano para a Independência de Cabo Verde

PAM – Plano Ambiental Municipal

PARI – Projecto de Reutilização de Águas Residuais para Irrigação

PEAS – Programa de Energia, Água e Saneamento

PNUD/UNDP – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPC – Paridade do Poder de Compra

PSM – Plano Sanitário do Mindelo

SEFI – Sociedade de Electricidade e Frio Industrial, S.A.R.L.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Ambiente

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para as Crianças

VIH/SIDA – Síndrome de Imunodeficiência Adquirida

## ÍNDICE DE MATÉRIAS

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>	<b>16</b>
2.1. PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO	16
2.2. OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÉNIO	18
2.3. ESCASSEZ DE ÁGUA	19
2.4. SISTEMAS DE SANEAMENTO EM PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO	21
2.4.1. ENQUADRAMENTO	21
2.4.2. SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA	23
2.4.3. TIPO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO	24
2.4.4. INFRA-ESTRUTURAS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO	26
2.4.5. REDES DE COLECTORES	28
2.4.6. INFRA-ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	33
2.5. UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS PARA IRRIGAÇÃO	58
2.5.1. UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS	58
2.5.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA	59
2.5.3. ORIENTAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA NA AGRICULTURA	60
2.5.4. IMPACTOS DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA IRRIGAÇÃO	64
2.6. GESTÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO E DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL	72
2.7. SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO E DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA	78
2.7.1. SUSTENTABILIDADE	78
2.7.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	79
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>82</b>
<b>4. CASO DE ESTUDO – MINDELO, CABO VERDE</b>	<b>84</b>
4.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E ECONÓMICO	84
4.2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO, GEOLÓGICO E CLIMÁTICO	85
4.3. CABO VERDE COMO PAÍS DE DESENVOLVIMENTO MÉDIO	87
4.4. A ESCASSEZ DE ÁGUA NA ILHA DE S. VICENTE	88
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO - CABO VERDE</b>	<b>89</b>
5.1. CICLO DA ÁGUA NO MINDELO	89
5.2. DADOS DE BASE SOBRE O CASO DE ESTUDO	91
5.2.1. DADOS ESTATÍSTICOS POPULACIONAIS	91
5.2.2. DADOS DE PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS	92
5.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO	94
5.3. REDE DE SANEAMENTO	96
5.3.1. ENQUADRAMENTO	96
5.3.2. IMPLANTAÇÃO DA REDE DE SANEAMENTO	98
5.3.3. ELEMENTOS DA REDE DE SANEAMENTO	101
5.3.4. INFRA-ESTRUTURAS DE SANEAMENTO NÃO ABRANGIDAS PELA REDE DE SANEAMENTO	111
5.4. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	113
5.4.1. CARACTERÍSTICAS, FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO	113
5.4.2. EQUIPAMENTO	115

5.4.3. INFRA-ESTRUTURAS DE SUPORTE ÀS ACTIVIDADES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	120
5.4.4. MANUTENÇÃO DA ETAR	122
<b>5.5. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA IRRIGAÇÃO DE CAMPOS AGRÍCOLAS</b>	<b>125</b>
5.5.1. ENQUADRAMENTO	125
5.5.2. INTERVENÇÕES NO SISTEMA DE SANEAMENTO	125
5.5.3. DADOS DO PROJECTO	127
5.5.4. DADOS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA	128

## **6. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO, CABO VERDE**

<b>6.1. BALANÇO HÍDRICO</b>	<b>130</b>
6.1.1. DA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO À RECOLHA DAS ÁGUAS RESIDUAIS	130
6.1.2. ÁGUA RESIDUAL NAS ESTAÇÕES DE BOMBAGEM	131
6.1.3. USOS DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA	132
<b>6.2. SISTEMA DE TRATAMENTO</b>	<b>135</b>
6.2.1. DINÂMICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO	135
6.2.2. QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUAL NA ETAR	139
6.2.3. EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DA ETAR	146

## **7. SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO, CABO VERDE**

<b>7.1. SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA</b>	<b>152</b>
<b>7.2. SUSTENTABILIDADE SOCIAL</b>	<b>153</b>
<b>7.3. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL</b>	<b>153</b>
<b>7.4. QUADRO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE</b>	<b>154</b>
<b>7.5. ANÁLISE SWOT – PONTOS FORTES, PONTOS FRACOS, OPORTUNIDADES E AMEAÇAS</b>	<b>156</b>
7.5.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE	156
7.5.2. ANÁLISE SWOT AO SISTEMA DE SANEAMENTO DO MINDELO, CABO VERDE	156

## **8. CONCLUSÕES**

## **9. BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

ANEXO I – OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÉNIO
ANEXO II – ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO EM PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO
ANEXO III – QUESTIONÁRIO INICIAL PARA RECOLHA DE DADOS SOBRE O SISTEMA DE SANEAMENTO DO MINDELO
ANEXO IV – GUIÃO PARA OBTENÇÃO DE DADOS DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DO SISTEMA DE SANEAMENTO DO MINDELO
ANEXO V – GUIÃO PARA OBTENÇÃO DE DADOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ETAR DO MINDELO
ANEXO VI – QUADRO RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE BOMBAGEM DO SISTEMA DE SANEAMENTO DO MINDELO
ANEXO VII – MÉTODOS DE ANÁLISE UTILIZADOS NA CAMPANHA DE DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ETAR DO MINDELO
ANEXO VIII – PARÂMETROS ANALISADOS POR PONTO DE AMOSTRAGEM NA CAMPANHA DE DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ETAR DO MINDELO



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DOS ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO HUMANO .....	17
FIGURA 2 – MAPA DE ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO .....	19
FIGURA 3 - MAPA DE COBERTURA DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO .....	21
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO GLOBAL NÃO SERVIDA POR SISTEMAS DE SANEAMENTO ADEQUADOS .....	22
FIGURA 5 – COBERTURA DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO POR REGIÃO – 2000 .....	22
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA LIGAÇÃO DOMICILIÁRIA À REDE DE ESGOTOS DECANTADOS ..	29
FIGURA 7 – ESQUEMA DE REDE DE ESGOTOS SIMPLIFICADA (FONTE: MARA, 1996) .....	31
FIGURA 8 – REDE DE ESGOTOS SIMPLIFICADA AO NÍVEL DOS BLOCOS HABITACIONAIS.....	32
FIGURA 9 – BLOCO DE INSTALAÇÕES SANITÁRIAS PARA REDES DE ESGOTOS SIMPLIFICADAS .....	33
FIGURA 10 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LAGOAS DE MACRÓFITAS .....	35
FIGURA 11 – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO BRASIL.....	36
FIGURA 12 – ESQUEMA DE TANQUE DE AREJAMENTO POR INJEÇÃO DE AR .....	38
FIGURA 13 – AREJAMENTO COM INJEÇÃO DE AR .....	38
FIGURA 14 – ESQUEMA DE VALA DE OXIDAÇÃO .....	38
FIGURA 15 – VALA DE OXIDAÇÃO COM AREJADORES DE SUPERFÍCIE.....	39
FIGURA 16 – ESQUEMA DE LEITO PERCOLADOR .....	40
FIGURA 17 – LEITO PERCOLADOR .....	41
FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA DE DEPURAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL NO SOLO ....	42
FIGURA 19 – ESQUEMA DE LATRINA ABERTA – BURACO NO SOLO .....	44
FIGURA 20 – LATRINA DE BALDE .....	45
FIGURA 21 – ESQUEMA DE LATRINA SUSPensa SOBRE MASSA DE ÁGUA .....	45
FIGURA 22 – LATRINA SUSPensa SOBRE MASSA DE ÁGUA NO VIETNAM .....	45
FIGURA 23 – ESQUEMA DE LATRINA DE FOSSA SIMPLES.....	46
FIGURA 24 – LATRINA DE FOSSA SIMPLES .....	46
FIGURA 25 – CONSTRUÇÃO DE UMA LATRINA DE FOSSA SIMPLES .....	46
FIGURA 26 – PORMENOR DA LAJE DA LATRINA COM TAMPA DE SELAGEM DO BURACO .....	47
FIGURA 27 - ESQUEMA DE LATRINA DE FURO.....	47
FIGURA 28 – ESQUEMA DE LATRINA COM SIFÃO .....	48
FIGURA 29 – EXEMPLO DE LATRINA DE SIFÃO .....	48
FIGURA 30 – LATRINA VIP.....	49
FIGURA 31 – ESQUEMA DE LATRINA MELHORADA COM VENTILAÇÃO (LATRINA VIP).....	49
FIGURA 32 – UTILIZAÇÃO DA LATRINA DE COMPOSTAGEM .....	50
FIGURA 33 – ESQUEMA DE LATRINA DE COMPOSTAGEM.....	50
FIGURA 34 – LATRINA DE COMPOSTAGEM DE DUPLA FOSSA .....	51
FIGURA 35 – ESQUEMA DE FOSSA SÉPTICA .....	52
FIGURA 36 – ESQUEMA DE “AQUA-PRIVY” .....	53
FIGURA 37 – ESQUEMAS DE LATRINAS DE FOSSA DUPLA .....	54
FIGURA 38 – CONSTRUÇÃO DE FOSSAS DUPLAS .....	54

FIGURA 39 – VEÍCULO LIMPA-FOSSAS .....	55
FIGURA 40 – NÚMERO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL POR TIPO DE UTILIZAÇÃO E POR REGIÃO .....	58
FIGURA 41 – ESQUEMA DO CICLO DE CONTAMINAÇÃO HUMANA POR ORGANISMOS PATOGENICOS EXISTENTES NA ÁGUA RESIDUAL TRATADA .....	65
FIGURA 42 – CUSTOS ESTIMADOS PARA ALCANÇAR A META 10 DOS OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÉNIO PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	76
FIGURA 43 - CUSTOS ESTIMADOS PARA ALCANÇAR A META 10 DOS OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÉNIO PARA SISTEMAS DE SANEAMENTO .....	77
FIGURA 44 - FOTOGRAFIA DE SATÉLITE DO ARQUIPÉLAGO DE CABO VERDE .....	84
FIGURA 45 – BAÍA DO PORTO GRANDE, ILHA DE S. VICENTE .....	85
FIGURA 46 – SOLOS ÁRIDOS DA ILHA DE S. VICENTE, PERSPECTIVA DA BAÍA DO PORTO GRANDE, A PARTIR O MONDE VERDE .....	86
FIGURA 47 – CICLO DA ÁGUA NO MINDELO .....	89
FIGURA 48 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS REGISTOS DE CAUDAL DIÁRIO AFLUENTE À ETAR ENTRE MARÇO E JUNHO DE 2005 .....	93
FIGURA 49 – SOLUÇÕES DE SANEAMENTO NO MINDELO .....	96
FIGURA 50 – SOLUÇÕES DE SANEAMENTO NO MINDELO PARA ZONAS URBANAS E RURAIS .....	97
FIGURA 51 – POÇO DE BOMBAGEM DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO COMANDO NAVAL .....	97
FIGURA 52 – GRADE DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS A MONTANTE DA ESTAÇÃO DE ELEVATÓRIO DO CAISINHO .....	98
FIGURA 53 – IMPLANTAÇÃO DA REDE DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO (FICHEIRO AUTOCAD) .....	100
FIGURA 54 – ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DA REDE DE SANEAMENTO PARA CADA UMA DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS .....	101
FIGURA 55 – CAIXA DE VISITA DA REDE DE COLECTORES .....	101
FIGURA 56 – REFERENCIAS DOS COLECTORES PRIMÁRIOS, DOS INTERCEPTORES E DO EMISSÁRIO .....	103
FIGURA 57 – VIATURA DE LIMPEZA E DESOBSTRUÇÃO DE COLECTORES .....	103
FIGURA 58 – POÇO DE BOMBAGEM DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO CAISINHO .....	104
FIGURA 59 – ESQUEMA DA REDE DE SANEAMENTO COM LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS .....	105
FIGURA 60 – ESQUEMA DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DO COMANDO NAVAL .....	107
FIGURA 61 – ESQUEMA DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DO CAISINHO .....	107
FIGURA 62 – ESQUEMA DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DO CAMPIN .....	108
FIGURA 63 – ESQUEMA DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DO GOLF .....	108
FIGURA 64 – SISTEMA DE ELEVAÇÃO DOS GRUPOS ELECTROBOMBA PARA INSPECÇÃO, ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO CAMPIN .....	109
FIGURA 65 – SENTINA MUNICIPAL .....	111
FIGURA 66 – LATRINA DE FOSSO INSTALADA NO TARRAFAL, ILHA DE SANTIAGO .....	112
FIGURA 67 – ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETAR DO MINDELO .....	113
FIGURA 68 – ESQUEMA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DAS LAGOAS FACULTATIVAS E DE MATURAÇÃO .....	114
FIGURA 69 – ETAR DE RIBEIRA DE VINHA, VISTA SOBRE AS LAGOAS DE MATURAÇÃO .....	115
FIGURA 70 – ESQUEMA BÁSICO DO PERÍMETRO DA ETAR .....	116
FIGURA 71 – ESQUEMA BÁSICO DA INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE APOIO À ETAR .....	117
FIGURA 72 – ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA O PERÍMETRO DE REGA .....	118
FIGURA 73 – SISTEMA HIDROFOR À ESQUERDA E ELECTROBOMBA À DIREITA .....	119
FIGURA 74 - MOTOBOMBA .....	120

FIGURA 75 – LABORATÓRIO DA ETAR.....	120
FIGURA 76 – CAMPO DE ENSAIOS AGRÍCOLAS E VIVEIROS DA CMSV.....	121
FIGURA 77 – INSPECÇÃO DO SENSOR DO MEDIDOR DE CAUDAL INSTALADO À ENTRADA DA ETAR.....	123
FIGURA 78 - ESQUEMA DAS INFRA-ESTRUTURAS DA REDE DE SANEAMENTO E DOS CONSTITUINTES DO PARI .....	126
FIGURA 79 – PERÍMETRO DE REGA DO PROJECTO PARI, EM VÉSPERAS DA INAUGURAÇÃO .....	127
FIGURA 80 – RESERVATÓRIO DO PERÍMETRO DE REGA DO PROJECTO PARI, A RECEBER PELA PRIMEIRA VEZ ÁGUA RESIDUAL TRATADA .....	127
FIGURA 81 - EVOLUÇÃO DOS CAUDAIS DIÁRIOS E DAS MÉDIAS DIÁRIAS DE ÁGUA POTÁVEL DISTRIBUÍDA E ÁGUA RESIDUAL ENCAMINHADA PARA TRATAMENTO.....	130
FIGURA 82 - PRODUÇÃO E USOS DA ÁGUA RESIDUAL.....	133
FIGURA 83 - EVOLUÇÃO DO CAUDAL DIÁRIO AFLUENTE À ETAR ENTRE MARÇO E JUNHO DE 2005 .....	135
FIGURA 84 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS CAUDAIS ACTUAL, DE PROJECTO E TEÓRICOS DESEJÁVEIS PARA IRRIGAÇÃO COM E SEM RESTRIÇÕES.....	137
FIGURA 85 – LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NA ETAR.....	140
FIGURA 86 – COLHEITA DE AMOSTRA DE ÁGUA RESIDUAL À SAÍDA DAS LAGOAS ANAERÓBIAS .....	143
FIGURA 87 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS DURANTE A CAMPANHA DE AMOSTRAGEM DA ELECTRA .....	143
FIGURA 88 – PREPARAÇÃO DO MATERIAL PARA COLHEITA DE AMOSTRAS.....	144
FIGURA 89 – MAPA DE POSICIONAMENTO SWOT DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO, SANEAMENTO E IRRIGAÇÃO DO MINDELO, CABO VERDE.....	158

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO CENTRALIZADOS .....	42
QUADRO 2 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO CENTRALIZADOS (CONT.) .....	43
QUADRO 3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO DESCENTRALIZADOS.....	55
QUADRO 4 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO DESCENTRALIZADOS (CONT.)..	56
QUADRO 5 – ORIENTAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO .....	60
QUADRO 6 – NORMAS OMS PARA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA NA AGRICULTURA.....	63
QUADRO 7 – CUSTOS DE INVESTIMENTO ESTIMADOS PARA SISTEMAS DE SANEAMENTO CENTRALIZADOS .....	75
QUADRO 8 – QUADRO DE INDICADORES PARA SISTEMAS INTEGRADOS DE ABASTECIMENTO, SANEAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA A AGRICULTURA - ABASTECIMENTO E SANEAMENTO...	80
QUADRO 9 - QUADRO DE INDICADORES PARA SISTEMAS INTEGRADOS DE ABASTECIMENTO, SANEAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA A AGRICULTURA – IRRIGAÇÃO DE CAMPOS AGRÍCOLAS .....	81
QUADRO 10 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA PARA AS ILHAS DO ARQUIPÉLAGO DE CABO VERDE .....	86
QUADRO 11 - DADOS RELATIVOS AOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO NO MINDELO	91
QUADRO 12 - PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	92
QUADRO 13 - DADOS IMPORTANTES PARA CÁLCULO .....	92
QUADRO 14 – CAUDAIS DE ÁGUAS RESIDUAIS PRODUZIDAS E AFLUENTES À ETAR .....	94
QUADRO 15 – SOLUÇÕES DE SANEAMENTO UTILIZADAS NA CIDADE DO MINDELO .....	96
QUADRO 16 – ÁREAS SERVIDAS PELA REDE DE SANEAMENTO .....	99
QUADRO 17 – DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DA REDE DE SANEAMENTO .....	102
QUADRO 18 – CAPACIDADE INSTALADA E DE RESERVA DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS.....	106
QUADRO 19 – ELEMENTOS QUE NECESSITAM DE INTERVENÇÃO NAS ESTAÇÕES DE BOMBAGEM .....	110
QUADRO 20 – ESPECIFICAÇÕES DAS LAGOAS DA ETAR DE RIBEIRA DE VINHA .....	113
QUADRO 21 – CARACTERÍSTICAS DOS GRUPOS ELECTROBOMBA .....	118
QUADRO 22 - PERIODICIDADE ACONSELHADA PARA AS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.	124
QUADRO 23 – CALENDARIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA AOS AGRICULTORES .....	128
QUADRO 24 – ESTIMATIVA DO NÚMERO DE HORAS DE FUNCIONAMENTO DE CADA ESTAÇÃO DE BOMBAGEM DA REDE DE SANEAMENTO .....	131
QUADRO 25 – VALORES DE CAUDAL DE ÁGUA RESIDUAL PRODUZIDA E DOS USOS DA ÁGUA TRATADA.....	133
QUADRO 26 – EXCEDENTE DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA PRODUZIDA PARA CADA UM DOS CENÁRIOS CONSIDERADOS .....	134
QUADRO 27 – VALORES DE CAUDAL REAL, DE PROJECTO E TEÓRICO DESEJÁVEL.....	137
QUADRO 28 – TEMPOS DE RETENÇÃO CALCULADOS PARA A SITUAÇÃO ACTUAL .....	138
QUADRO 29 – DESCRIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	140
QUADRO 30 – RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DA UNIVERSIDADE DE LUND .....	141
QUADRO 31 – VALORES PREVISTOS PARA UM CAUDAL DE 3900m <sup>3</sup> /D .....	142
QUADRO 32 – VALORES OBTIDOS PARA CADA PARÂMETRO DURANTE A CAMPANHA DE ANÁLISES DA ELECTRA .....	145
QUADRO 33 – EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DA ETAR.....	146
QUADRO 34 – VALORES TEÓRICOS OBTIDOS PARA AS EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DETERMINADAS NO ESTUDO DA UNIVERSIDADE DE LUND .....	147

QUADRO 35 – EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS GLOBAL E DAS VÁRIAS ETAPAS DE TRATAMENTO PARA ALGUNS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DURANTE A CAMPANHA DA ELECTRA .....	147
QUADRO 36 – QUADRO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS AO SISTEMA DO MINDELO .....	154

## 1. INTRODUÇÃO

A presente tese de mestrado começou a ser desenvolvida em Cabo Verde, no ano de 2005, época em que trabalhei na Electra, S.A.R.L., empresa responsável pela produção e distribuição de electricidade e água no arquipélago.

A estadia na cidade do Mindelo, na ilha de S. Vicente, associada ao tempo livre de que dispunha, permitiu que me debruçasse sobre o assunto tema desta tese. Na altura, a recolha de informação foi despoletada pela mera curiosidade e vontade de conhecer o sistema de saneamento que, tão ao meu alcance estava. Rapidamente propus a mim própria o desafio de caracterizar o sistema de saneamento da cidade do Mindelo, desde a recolha, transporte e tratamento de águas residuais, até à utilização destas para irrigação dos campos agrícolas do projecto PARI (Projecto de Reutilização de Águas Residuais para Irrigação), que estava na fase final de concretização.

Assim defini como objectivos de trabalho a caracterização do sistema, das suas infra-estruturas e equipamentos, a análise do estado de conservação, dos métodos de operação e exploração, visando avaliar o funcionamento do sistema de saneamento e a adequação às características socioeconómicas, ambientais e agrícolas locais.

Mais do que um simples trabalho de recolha de informação, a necessidade de explicar algumas das particularidades do sistema, obrigou, desde logo, à pesquisa bibliográfica de suporte às análises realizadas.

O afastamento imposto pelo regresso a Portugal, favoreceu o desenvolvimento de reflexões mais profundas e também mais abrangentes sobre esta temática. A elaboração de uma tese de mestrado possibilitou encarar o tema dos sistemas de saneamento, não só na perspectiva local do Mindelo, mas o seu enquadramento global no grupo dos países em vias de desenvolvimento.

A sustentabilidade dos sistemas de saneamento tem-se revelado um assunto da maior importância a nível mundial, devido ao actual cenário de escassez de água, de degradação do meio ambiente, dos problemas de saúde pública que lhes estão associados, e à necessidade de desenvolvimento sustentável das comunidades.

A gestão integrada dos sistemas de saneamento com os sistemas de abastecimento de água e com o desenvolvimento da agricultura, mediante princípios de conservação do meio ambiente, é sem dúvida um dos desafios presentes e futuros, a nível mundial. Cada vez mais os sistemas de saneamento são considerados como fonte constante e virtualmente ilimitada de água para utilização na agricultura, contribuindo assim para o desenvolvimento local. Uma gestão adequada deste recurso promove a melhoria da saúde pública, do estado

do ambiente, promove também o crescimento económico, e contribui em muitas vertentes para a melhoria da qualidade de vida das populações.

O principal objectivo deste trabalho é relevar a importância dos sistemas de saneamento para o desenvolvimento sustentável, particularmente nos países em vias de desenvolvimento.

Nesta perspectiva, houve necessidade de definir objectivos secundários que contribuíssem para o objectivo principal referido. Os mais importantes são:

- Caracterização dos sistemas de saneamento actualmente utilizados em países com Índice de Desenvolvimento Humano médio ou baixo,
- Identificação da irrigação de campos agrícolas como a utilização mais importante para estes países, principalmente os que se localizam em regiões áridas e semi-áridas,
- Identificação dos factores-chave para a sustentabilidade dos sistemas de saneamento e utilização de água residual tratada,
- Aplicação dos conhecimentos obtidos à realidade do caso de estudo – Mindelo.

A metodologia utilizada para a realização da tese, engloba diferentes técnicas de recolha e análise dos dados: recurso a pesquisa documental para enquadramento e suporte da temática abordada, realização de entrevistas com informadores-chave e de observação “in situ” das infra-estruturas e serviços do sistema de saneamento da cidade do Mindelo, promoção de uma campanha de amostragem e análises na ETAR do Mindelo com vista à obtenção de dados sobre a qualidade da água residual bruta e tratada.

A compilação e análise de bibliografia específica foram uma constante ao longo de todo o trabalho.

As informações recolhidas permitiram analisar a cobertura e o traçado da rede de saneamento, determinar a eficiência de tratamento da ETAR e estudar a utilização da água tratada para irrigação de campos agrícolas.

A organização da tese por capítulos, permite identificar dois grandes grupos de temas. O primeiro, que inclui os capítulos 2, 3 e 4, refere-se ao enquadramento teórico do tema e à metodologia utilizada, e o segundo grupo com os capítulos 5, 6 e 7 que se debruçam sobre o caso de estudo e as suas particularidades.

No Capítulo 2 faz-se um enquadramento conceptual relativamente aos países em vias de desenvolvimento, referem-se os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio para a área dos sistemas de saneamento, e é feita uma análise aprofundada dos problemas de escassez de água no mundo. O enquadramento teórico está orientado para o tema dos sistemas de saneamento, onde são identificadas as questões de saúde pública, as infra-estruturas dos sistemas de saneamento e a sua utilização nos países em vias de desenvolvimento. Como produto destes sistemas, a utilização de águas residuais na agricultura é explicada, apresentando-se o posicionamento do tema a nível mundial, referindo-se as orientações para utilização deste recurso na agricultura no que se refere às características da água e nos impactos da sua aplicação. É ainda feita uma breve incursão aos principais problemas e dificuldades relacionados com a gestão dos sistemas de saneamento. Com o objectivo de agregar toda a informação referida ao longo do capítulo, são identificados os factores-chave de sustentabilidade destes sistemas.

No Capítulo 3 refere-se a metodologia utilizada para a realização desta tese.

O Capítulo 4, está centrado no caso de estudo, e, numa abordagem multidisciplinar, caracterizam-se os factores externos que podem condicionar os sistemas de saneamento em Cabo Verde.

No Capítulo 5, apresentam-se os factores directamente relacionados com o sistema de saneamento. O ciclo da água no Mindelo que condiciona toda a constituição do sistema de saneamento e de utilização de água na agricultura, em conjunto com os dados de base recolhidos, criam uma plataforma de análise do sistema que se desenvolve nos pontos e capítulos seguintes. São apresentadas, nesta fase, as características principais da rede de saneamento, da estação de tratamento de águas residuais e do sistema de utilização de água residual tratada para irrigação.

A avaliação apresentada no Capítulo 6 refere-se, numa primeira análise, ao balanço hídrico do sistema integrado de abastecimento, saneamento e irrigação. É feita ainda a avaliação da qualidade da água residual tratada e a determinação da eficiência de tratamento da ETAR.

Ainda no que diz respeito ao caso de estudo, no Capítulo 7 referem-se os principais factores que contribuem para a sustentabilidade do sistema de saneamento e utilização da água residual tratada.

Nas conclusões são apresentadas e relevadas considerações síntese sobre os sistemas de saneamento em países em vias de desenvolvimento, nomeadamente no que se refere às soluções de saneamento, aos benefícios associados ao tratamento de águas residuais e à sua reutilização na agricultura.



## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida comparativa dos diversos países no mundo, relativamente aos parâmetros: alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade e riqueza, entre outros. Em termos gerais este índice mede, de forma padronizada, o bem-estar de uma população, com especial enfoque para o bem-estar infantil.

Este índice criado em 1990, tem sido utilizado desde 1993 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), como ferramenta de comparação dos diversos países e como forma de acompanhar a sua evolução.

O cálculo do IDH considera três factores principais, Longevidade, Educação e Renda, e calcula-se da seguinte forma:

$$IDH = \frac{L + E + R}{3}$$

Sendo que cada um dos termos se calcula através das fórmulas:

$$L = \frac{EV - 25}{60}$$

$$E = \frac{2TA + TE}{3}$$

$$R = \frac{\log_{10} PIB_{pc} - 2}{2,60206}$$

Legenda:

L – Longevidade

EV – Expectativa de vida

E – Educação

TA – Taxa de alfabetização

R – Rendimento

TE – Taxa de escolarização

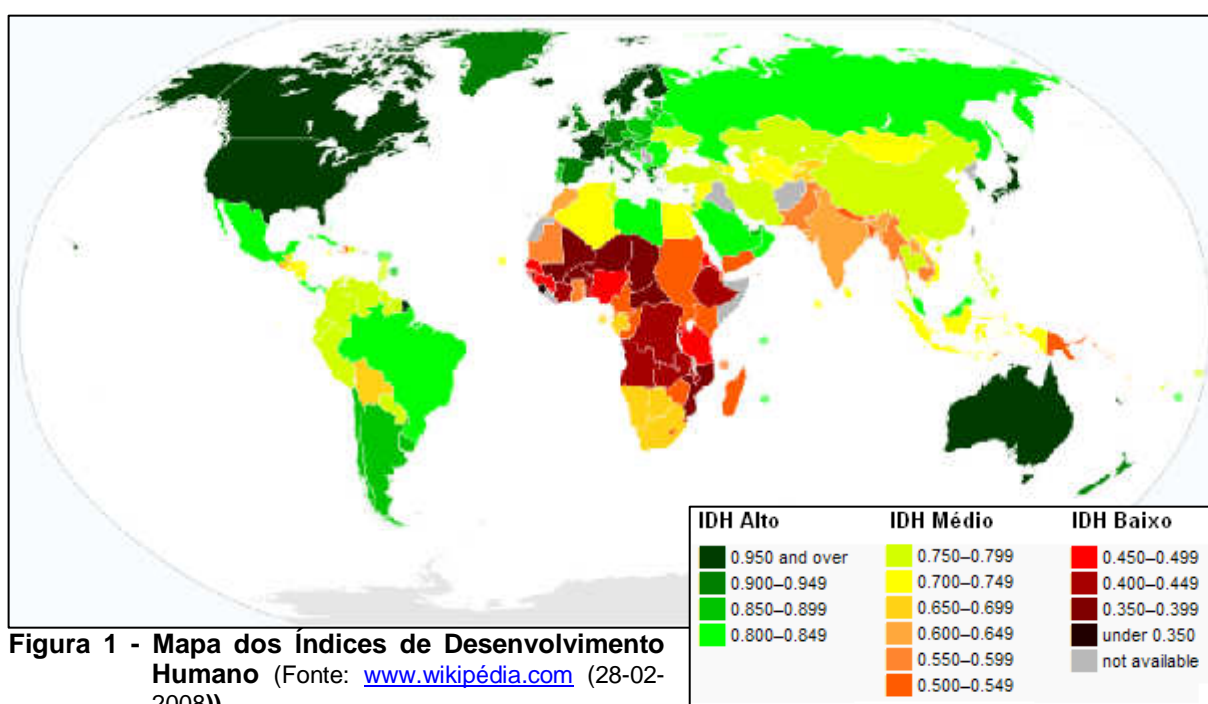
$\log_{10} PIB_{pc}$  – logaritmo decimal do PIB *per capita* (pode-se utilizar a rendimento *per capita*)

Na longevidade é contabilizada a esperança média de vida na altura do nascimento. Para a Educação é considerada a taxa de alfabetização para pessoas acima dos 15 anos de idade, e também a quantidade de pessoas que frequentam cursos de formação de qualquer grau. Para o cálculo da renda é considerado o custo da renda *per capita*, sendo que para efeitos de comparação, são ajustados os preços utilizando a Paridade do Poder de Compra (PPC).

A classificação obtida através desta forma de cálculo é agrupada em três classes de países diferentes:

- $0 < \text{IDH} < 0,499$  – país de desenvolvimento baixo
- $0,500 < \text{IDH} < 0,799$  – país de desenvolvimento médio
- $0,800 < \text{IDH} < 1$  – país de desenvolvimento alto – país desenvolvido

Como resultado desta classificação apresenta-se na figura 1 o mapa-mundo com a localização das regiões e respectivos Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).



**Figura 1 - Mapa dos Índices de Desenvolvimento Humano** (Fonte: [www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com) (28-02-2008))

Com base na definição do Índice de Desenvolvimento Humano consideram-se países desenvolvidos os países com IDH superior ou igual a 0,800, e países em vias de desenvolvimento os que apresentam um IDH inferior a 0,800.

## 2.2. OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÉNIO

Os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio (Millenium Development Goals), foram definidos em Setembro de 2000, na Cimeira do Milénio da ONU (Organização das Nações Unidas), por todos os países membros. Este acordo visa alcançar até 2015 um equilíbrio mundial em termos de desenvolvimento económico, social e ambiental, atenuando diferenças entre pessoas e regiões de características diferentes, que são actualmente potenciais geradoras de conflitos.

Os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio são oito, e foram com eles definidos 18 metas a alcançar (ver Anexo I), sendo que para o tema desenvolvido nesta tese o objectivo 7 e as metas 10 e 11 revelam-se as mais importantes a considerar.

### **Objectivo 7 – Garantir a Sustentabilidade Ambiental**

**Meta 9** – Integrar os princípios de desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais; inverter a actual tendência para a perda de recursos ambientais

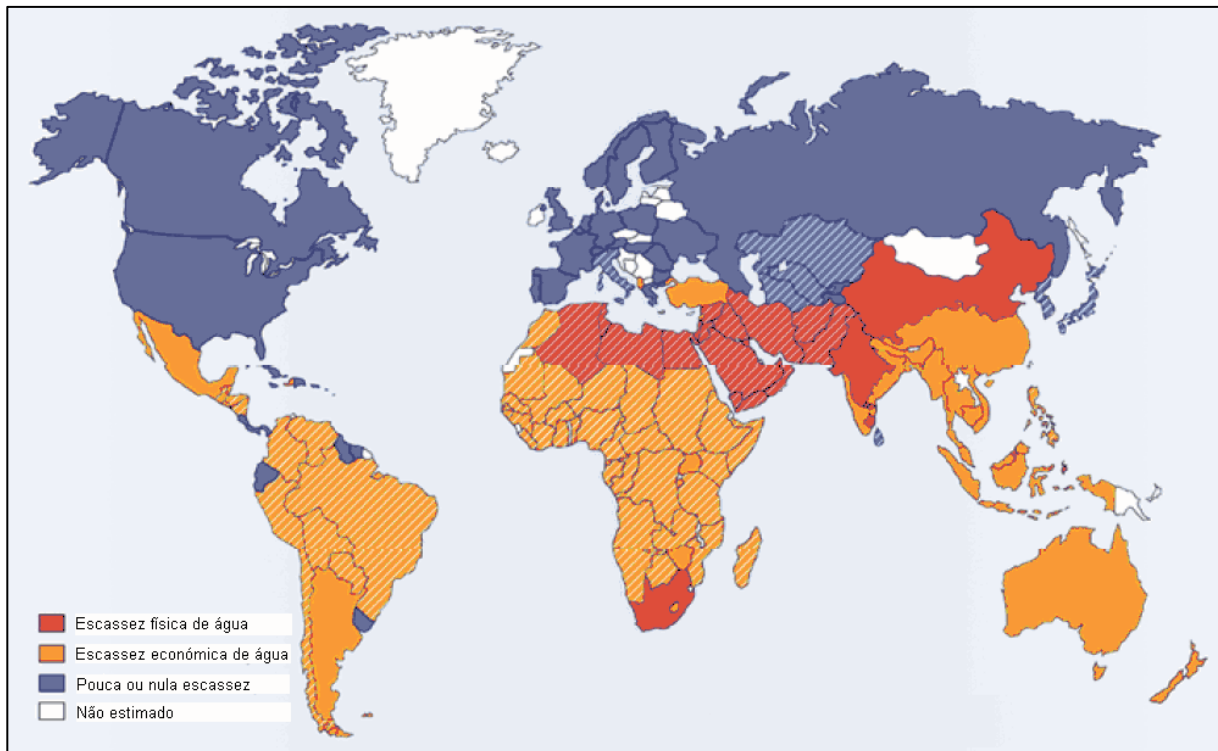
**Meta 10** – Reduzir para metade a percentagem da população sem acesso permanente a água potável e a saneamento básico. (Millenium Development Goals Monitor, **Fonte:** <http://www.mdgmonitor.org>)

A concretização da meta 10 contribui directa e significativamente para: redução da mortalidade infantil (meta 5), regressão das principais doenças infecciosas (meta 8), para a promoção da saúde materna (meta 6) e para a qualidade de vida das populações mais desfavorecidas (meta 11). Ao libertar a população (principalmente mulheres e crianças) da obrigação de procurar e transportar água a grandes distâncias contribui também para a promoção da igualdade de géneros e para o fortalecimento da posição da mulher na sociedade (objectivo 3), promovendo desta forma o aumento crianças com acesso a educação (objectivo 2). Cumprindo com estes objectivos também será possível contribuir para a redução da pobreza (meta 1) e da fome (meta 2) (Hutton e Bartram, 2008).

O cumprimento destes objectivos decorre da disponibilização de água de qualidade e em quantidade suficiente para consumo humano, e para utilização na agricultura e na indústria. Através da redução de tempo produtivo afecto à procura e transporte de água e no acesso a sistemas de saneamento, promove-se a melhoria do estado de saúde da população em geral e da população trabalhadora em particular, e o desenvolvimento de economias locais, reduzindo desta forma a desigualdade económica que afecta as populações mais pobres e vulneráveis, que normalmente são as que têm acesso limitado à água e saneamento (Hutton e Bartram, 2008).

### 2.3. ESCASSEZ DE ÁGUA

A escassez de água tem aumentado drasticamente nas últimas décadas a nível mundial, sendo no entanto mais evidente nas regiões áridas e semi-áridas, que coincidem muitas vezes com países em vias de desenvolvimento. O mapa de distribuição de água no globo, apresentado na figura 2, evidencia exactamente isto.



**Figura 2 – Mapa de escassez de água no Mundo** (Fonte: FAO, 2006)

De acordo com Kivaisi (2000) cerca de 80 países e regiões, representando 40% da população mundial, apresentam problemas de falta de água, e cerca de 30 destes países sofrem mesmo de escassez de água durante grande parte do ano.

O indicador Falkenmark, utilizado e reconhecido mundialmente, estipula que quando a disponibilidade de água por pessoa e por ano é inferior a 1.000 m<sup>3</sup>, significa que o país ou região em análise sofre de escassez de água (Tal, A., 2007).

Apesar de parte da bibliografia se referir a escassez de água como sendo a falta quantitativa de água, é importante referir que a escassez de água pode e deve mesmo incluir uma análise qualitativa.

Neste conceito mais abrangente, a escassez de água refere-se à disponibilidade reduzida de água de boa qualidade, face aos fins a que se destina. A escassez de água torna-se assim um problema de maiores dimensões, englobando não só os países e regiões áridas e semi-áridas, mas também os países e regiões húmidas, que não disponibilizam às suas

populações, água de qualidade aceitável para todos os tipos de utilização, nomeadamente para consumo humano.

A qualidade da água tem diminuído nas últimas décadas, devido à contaminação intensiva de águas superficiais e subterrâneas, que se iniciou no período da revolução industrial. Actualmente as principais fontes de poluição e consequente degradação da qualidade da água são: águas residuais urbanas e industriais não tratadas, contaminação de fertilizantes utilizados na agricultura e contaminação com água lixivantes de locais de deposição de resíduos.

Esta degradação tem impactes directos em questões de saúde pública, e tem-se revelado em parte através do número de mortes associadas a doenças causadas pelo consumo de água contaminada. O acesso limitado a água de boa qualidade é mais evidente nos países em vias de desenvolvimento, onde se verificam a maior parte das mortes decorrentes do consumo não controlado de águas contaminadas.

Perante este cenário torna-se imperativo travar, ou mesmo inverter, a tendência de diminuição da disponibilidade de água, quer aumentando a quantidade de água disponível, quer disponibilizando água de boa qualidade para diferentes tipos de uso, nomeadamente abastecimento humano, utilização em actividades agrícolas e mesmo em actividades industriais.

As alternativas mais utilizadas, em várias regiões do mundo, são a dessalinização de água salobra (proveniente de massas de água sujeitas a intrusão salina), a dessalinização de água do mar, e a reutilização de água residual tratada. Apesar de todas as alternativas serem tecnicamente viáveis e de produzirem resultados amplamente estudados, a reutilização de água residual tratada tem-se revelado em muitos dos países de estudo, como a solução cuja relação custo/benefício é mais vantajosa.

De acordo com Volkman (2003), citando uma informação do Banco Mundial, o maior desafio das próximas duas décadas, no sector de água e saneamento, será a implementação de sistemas de saneamento de baixo custo que permitam a reutilização do efluente tratado para fins agrícolas e industriais.

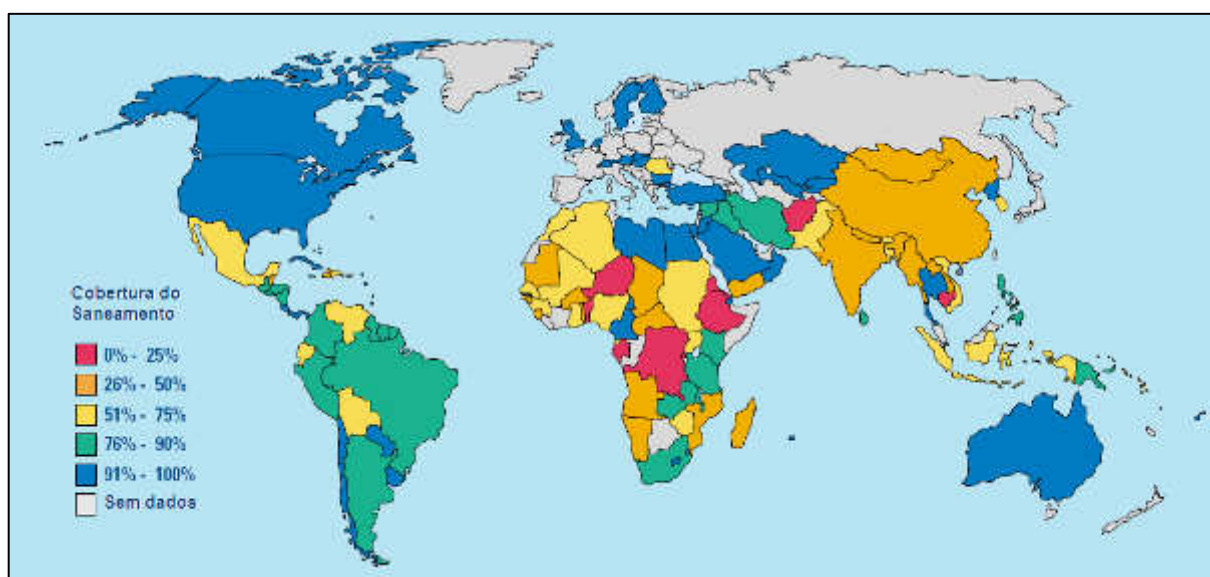
## 2.4. SISTEMAS DE SANEAMENTO EM PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO

### 2.4.1. ENQUADRAMENTO

Segundo o relatório de 2000 da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Unicef, sobre o abastecimento de água e saneamento no mundo (OMS, Unicef (2001)) a percentagem da população mundial com sistemas de abastecimento de água adequados cresceu de 79% (4.1 bilhões de pessoas servidas) em 1990, para 82% (4.9 bilhões) em 2000. Durante o mesmo período a percentagem de população com acesso a infra-estruturas de saneamento básico aumentou de 55% (2.9 bilhões) para 60% (3.6 bilhões). Isto resultou no abastecimento de água a cerca de mais 816 milhões de pessoas, e na criação de infra-estruturas de saneamento para servirem cerca de 747 milhões de pessoas.

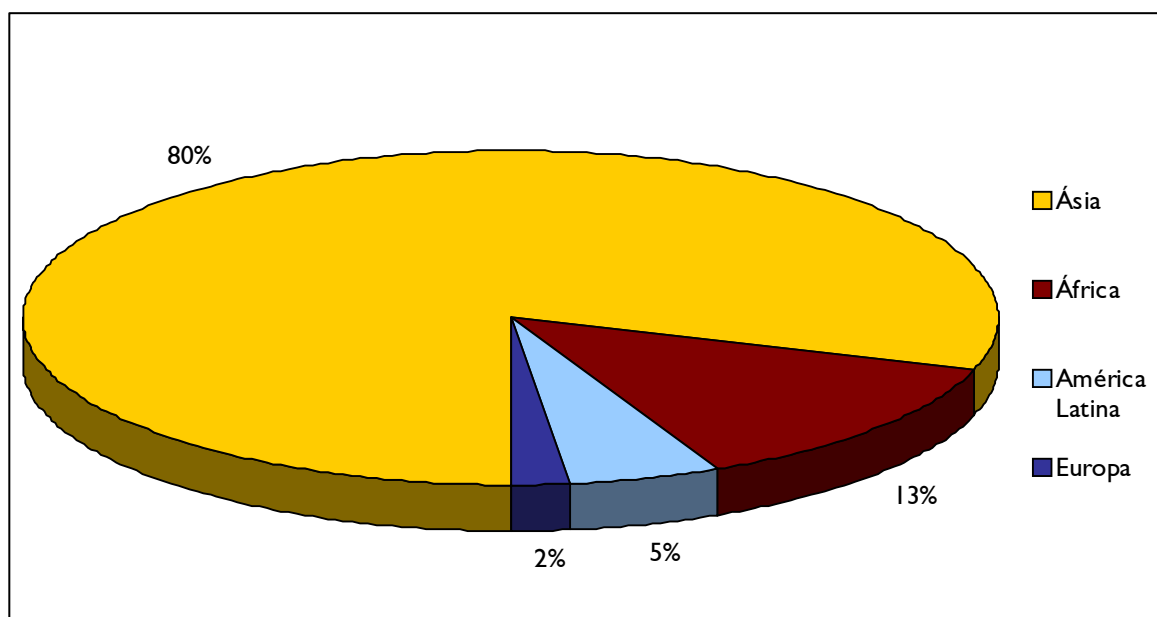
No entanto devido ao crescimento acelerado da população mundial, o número de pessoas que continua sem acesso a abastecimento de água e a saneamento, permanece praticamente inalterado.

No início do ano de 2000, cerca de um sexto (1/6) da população mundial (1.1 bilhões de habitantes) ainda não tinham acesso a abastecimento adequado de água, e cerca de dois quintos (2/5) (2.4 bilhões) não tinham acesso a infra-estruturas de saneamento. A maior parte destas pessoas vivem na Ásia e em África (ver figuras 3, 4 e 5), sendo que menos de metade dos asiáticos têm acesso a sistemas de saneamento, e cerca de um em cada cinco africanos não têm acesso a água de abastecimento. Para além disto, a cobertura dos sistemas de saneamento em zonas rurais é menos de metade da que se verifica nas zonas urbanas, o que corresponde a cerca de 80% da população rural, sem saneamento adequado.

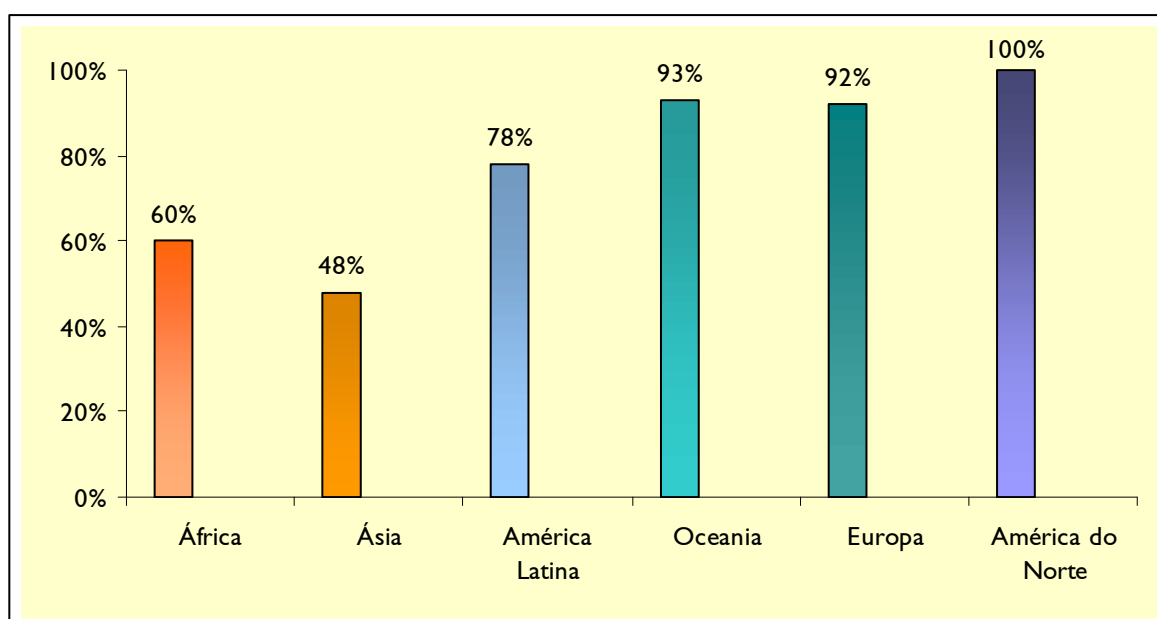


**Figura 3 - Mapa de cobertura dos sistemas de saneamento** (Fonte OMS, Unicef (2001))

Ainda de acordo com este relatório, as populações que habitam as regiões urbanas de África, Ásia, Caraíbas e América Latina, têm crescido drasticamente, esperando-se que em África a população urbana mais que duplique nos próximos 25 anos.



**Figura 4 - Distribuição da população global não servida por sistemas de saneamento adequados** (Adaptado de: OMS, Unicef (2001))



**Figura 5 – Cobertura dos sistemas de saneamento por região – 2000** (Adaptado de: OMS, Unicef (2001))

Segundo Volkman (2003) o crescimento descontrolado das áreas urbanas, principalmente nos países em vias de desenvolvimento, tem dificultado o planeamento e expansão dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento, aumentando os custos de fornecimento destes serviços de forma adequada. Para além disto, parte da população que



se instala nas zonas peri-urbanas possuem baixos rendimentos, tornando ainda mais difícil aumentar as receitas de forma a cobrir a ampliação e recuperação dos sistemas de abastecimento de água e saneamento.

Assim, na implementação de sistemas de saneamento e tratamento em países em vias de desenvolvimento, devem ser privilegiadas as soluções mais económicas, tendo em conta os custos de investimento inicial (construção e equipamentos) e os custos de operação e manutenção do sistema. Para além disto deve-se optar por soluções tecnicamente viáveis face às características do meio em que se inserem, no que diz respeito a características ambientais e socioculturais. Em muitas situações, principalmente em regiões áridas e semi-áridas em que a disponibilidade de água é reduzida, as tecnologias adoptadas devem ter em conta estes factores.

Deverá ter-se em conta que uma eficaz implementação destes sistemas depende da aceitação e comprometimento da população e dos gestores/responsáveis do sistema, que são os principais responsáveis pela utilização, operação e manutenção do sistema. E como tal devem ser promovidas acções de formação para os operadores dos sistemas, e acções de sensibilização e educação para a população beneficiária.

Para alcançar as metas estabelecidas pelos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio, até 2015, tendo em conta a tendência de crescimento actual da população, contabiliza-se que pelo menos 2.2 biliões de pessoas terão de ser servidas por infra-estruturas de saneamento, e cerca de 1.5 biliões por sistemas de abastecimento de água. Ou seja, respectivamente, 280 000 e 384 000 pessoas por dia durante os próximos 15 anos (OMS, Unicef (2001)).

#### 2.4.2. SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA

Os problemas de saúde pública decorrentes de falta ou deficiência de sistemas de abastecimento de água e de infra-estruturas de saneamento, têm sido amplamente estudados e documentados. As acções de formação e sensibilização das populações mais desfavorecidas, promovidas quer por organismos internacionais, quer por organizações não governamentais (ONG), ou mesmo pelas autoridades locais, têm-se centrado na importância das condições de salubridade do meio, na qualidade da água de abastecimento e na descarga ou tratamento adequado dos efluentes e resíduos produzidos.



De entre problemas de saúde pública resultantes da má qualidade das águas para consumo humano, e da falta de infra-estruturas adequadas para saneamento, os mais marcantes são (OMS, Unicef (2001)):

- Cerca de 4 biliões de casos de diarreia registados todos os anos, causam 2.2 milhões de mortes, principalmente de crianças;
- Cerca de 10% da população dos países em vias de desenvolvimento está contaminada com parasitas intestinais;
- Estima-se que cerca de 6 milhões de pessoas estão cegas devido a tracoma provocado por água contaminada;
- As epidemias de cólera são amplamente divulgadas e conhecidas, e as suas causas estão directamente associadas a água de abastecimento contaminada e à inexistência ou falhas nos sistemas de saneamento;
- A contaminação da água por arsénico é uma das principais ameaças para a saúde pública.

#### 2.4.3. TIPO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO

De acordo com Bakir (2000) os sistemas de saneamento, no que se refere ao tratamento final dos efluentes, podem ser de dois tipos:

- Sistemas de Saneamento Centralizados
- Sistemas de Saneamento Descentralizados

#### **Sistemas de Saneamento Centralizados**

Os sistemas de saneamento centralizado requerem a existência de redes de recolha de águas residuais (redes de colectores), instalada junto dos produtores, e requer também uma rede de emissários (colectores de transporte) para encaminhamento destes efluentes até ao local de tratamento.

Os efluentes são encaminhados para Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que servem uma determinada região (ou município) e que centralizam o tratamento de grandes quantidades de efluentes, de várias origens. Geralmente estas ETAR localizam-se em zonas peri-urbanas, recebendo por meio de emissários efluentes de um a vários locais.

Uma cobertura adequada do sistema de saneamento baseado num sistema centralizado, requer que a construção da rede de colectores acompanhe a expansão da malha urbana

que serve, e que as ETAR tenham capacidade de tratamento adequada às necessidades presentes e futuras das populações que servem.

Este tipo de sistemas de saneamento geralmente exigem que os efluentes tenham uma grande percentagem de água na sua composição, para que sejam garantidas as capacidades de transporte de sólidos ao longo da rede de colectores, impedindo assim a criação de depósitos e entupimentos. Este factor produz o efeito de diluição da poluição, aumentando a quantidade de efluente que é necessário tratar, face ao que é produzido.

De acordo com Volkman (2003) geralmente este tipo de sistemas não são bem sucedidos nos países em vias de desenvolvimento, revelando-se soluções não sustentáveis, por serem muitas vezes meras cópias dos sistemas ocidentais, que não consideram as condicionantes e especificidades do meio, do clima, dos efluentes e dos factores socioculturais.

## **Sistemas de Saneamento Descentralizados**

Os sistemas de saneamento descentralizados permitem a gestão das águas residuais nas proximidades dos locais de produção, não sendo portanto necessária a existência de uma rede de colecta e transporte para estações de tratamento distantes. Dependendo do tipo de tecnologia utilizada, as águas residuais poderão ser recolhidas, tratadas e reutilizadas no local de produção, ou em alternativa poderão ser pré-tratadas e armazenadas no local de produção e posteriormente ser encaminhadas para unidades de tratamento fora do local de produção.

Para além de aumentarem a cobertura da população servida por sistemas de tratamento adequados para os seus efluentes, os sistemas de saneamento descentralizados apresentam muitas outras vantagens, entre as quais se destacam:

- Potencial redução da água consumida pela população – Devido à reutilização da água residual tratada proveniente destes sistemas integrados, para irrigação agrícola, lavagens, etc;
- Flexibilidade dos sistema – Sistemas que integram tecnologias adaptadas às condições específicas locais, e que acompanham o crescimento populacional;
- Possibilidades de instalação em locais com acesso limitado a abastecimento de água – Estes sistemas podem ser instalados em locais onde o abastecimento de água pode não ser directo e contínuo (transporte manual a grandes distâncias), pois não há necessidade de atingir percentagens mínimas de água nos efluentes para alcançar velocidades de escoamento, como acontece nas redes de saneamento convencionais;

- Redução de impactes no ambiente em consequência de acidentes – Infiltrações de água residual no solo, com possível contaminação de massas de água, são reduzidos pois os elementos do sistema são individuais e como tal, um acidente, provoca pequenos danos e impactes locais;
- Aumento das oportunidades de reutilização de água residual – Os efluentes tratados podem ser utilizados localmente, aumentando assim a sustentabilidade económica das populações locais;
- Melhor relação Custo/Benefício – Estes sistemas são geralmente mais baratos, no que se refere a custos de investimento, manutenção e operação, quando comparados com sistemas centralizados.

### **Sistemas de Saneamento Mistos**

Por vezes a utilização de apenas um dos sistemas de saneamento referidos anteriormente não se adequa à realidade de regiões de características heterogéneas. Nestas situações devem ser consideradas soluções mistas.

Redes de saneamento, típicas dos sistemas de saneamento centralizado, poderão ser instaladas em locais altamente desenvolvidos em termos de comércio e densamente povoados (ex: centro da cidade), sendo as águas residuais aqui produzidas depois encaminhadas para ETAR para posterior tratamento. Nas zonas mais dispersas em termos de densidade populacional (ex: periferia de algumas cidades, zonas rurais), as soluções de saneamento podem passar pela utilização de tecnologias descentralizadas, para unidades familiares ou para pequenos aglomerados populacionais (Bakir, 2001)

Esta possibilidade de conjugação de tecnologias de saneamento diferentes permite melhorar a relação Custo/Benefício, através da redução dos custos de saneamento, não só em termos de investimento (construção civil e equipamento), como também em manutenção e operação dos sistemas.

#### **2.4.4. INFRA-ESTRUTURAS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO**

Os sistemas de saneamento são constituídos por diferentes infra-estruturas com funções específicas: Infra-estruturas de Captação/Recolha, Infra-estruturas de Transporte e Infra-estruturas de Tratamento e Descarga.

### Infra-estruturas de Captação/Recolha de águas residuais no local de produção

Estas infra-estruturas recolhem as águas residuais directamente no local de produção, e funcionam como barreira física entre os habitantes e as infra-estruturas de transporte, armazenamento e/ou tratamento dos efluentes recolhidos. Estas infra-estruturas mantidas isoladas evitam a contaminação de outros locais, das massas de água, e das próprias populações.

De acordo com Mara (1996) são exemplo destas infra-estruturas:

- Instalações Sanitárias
- Latrinas
- Fossas Sépticas

### Infra-estruturas de Transporte/Drenagem – Redes de Colectores

Estes elementos estruturais têm como função transportar e encaminhar os efluentes desde os locais de produção até aos locais de destino final, descarga e/ou tratamento.

Os exemplos referidos por vários autores e explicados por Mara (1996) são:

- Rede de saneamento convencional
- Redes de saneamento (não convencional) de baixo custo
  - Rede de esgotos decantados
  - Rede de esgotos simplificada

### Infra-estruturas de Tratamento

Estas infra-estruturas recebem os efluentes produzidos e, por meio de processos biológicos, físicos e/ou químicos, promovem o tratamento dos mesmos reduzindo a sua carga poluentes, e permitindo a sua posterior descarga em meio receptor ou a sua reutilização para outras actividades.

#### 2.4.5. REDES DE COLECTORES

##### **Rede de Saneamento Convencional**

###### Características e Traçado da Rede

Rede de colectores de diferentes dimensões que recolhem as águas residuais produzidas e as encaminham para o sistema de tratamento. Estas redes são desenhadas para comportarem águas residuais com uma percentagem elevada de água, mantendo ao longo do seu traçado uma inclinação constante no sentido do escoamento, de forma a promoverem, sempre que possível, o escoamento gravítico. O seu traçado é pensado também para garantir uma velocidade mínima de escoamento, em todos os troços, que permita o transporte de sólidos, impedindo assim que se criem depósitos que possam vir a dar origem a bloqueios/entupimentos.

###### Locais para Instalação

Geralmente estes sistemas estão associados, e requerem, um sistema de abastecimento de água através de rede de condutas ou por meio de reservatórios, que garanta um fornecimento de água em grandes quantidades e de forma algo contínua, de forma a que os efluentes produzidos tenham uma elevada percentagem de água na sua composição.

Assim este tipo de rede de saneamento deve ser instalado em locais servidos por uma rede de abastecimento de água contínua, onde o consumo de água seja elevado e, preferencialmente, onde não se sintam os efeitos da escassez de água, e onde existam instalações sanitárias convencionais. Tipicamente estes locais existem nos países desenvolvidos, principalmente em médios/grandes aglomerados populacionais ou nas cidades de países em vias de desenvolvimento.

##### **Rede de Saneamento Não Convencional - Rede de Esgotos Decantados**

###### Elementos-chave

Este tipo de rede consiste num sistema de colectores de águas residuais que sofrem decantação prévia, recebendo a rede, desta forma apenas a parte líquida (Paixão, 1996).

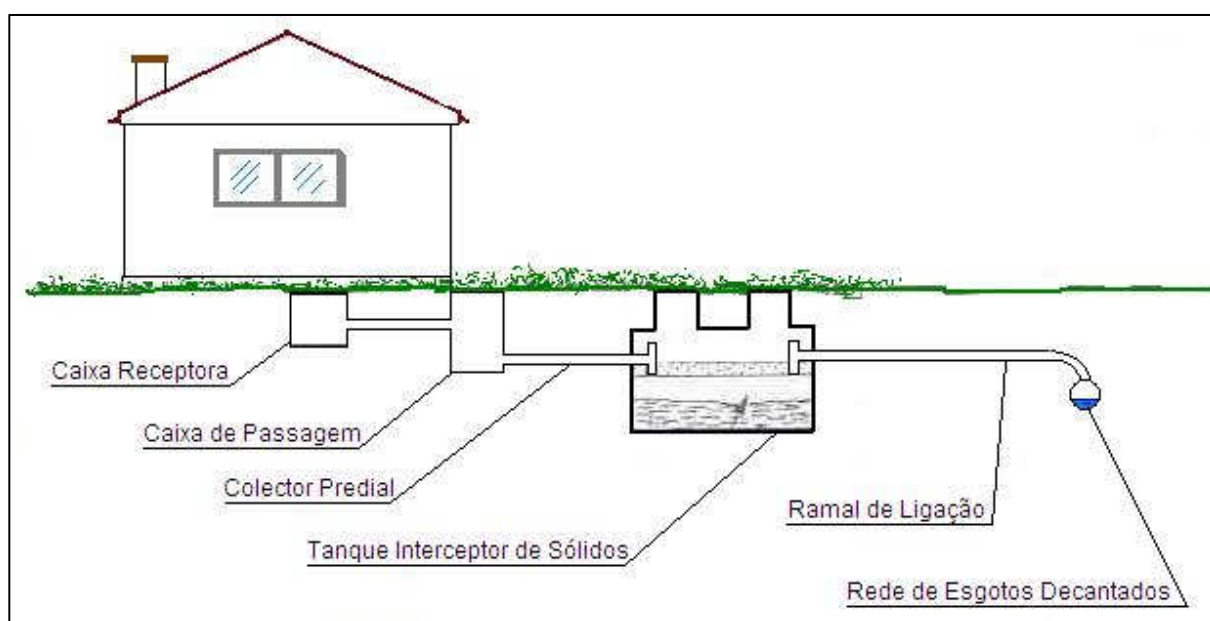
Neste tipo de redes, são instalados tanques de decantação junto aos locais de produção, que recebem a água residual bruta, promovem a decantação dos sólidos, e permitem a saída para a rede de colectores da fracção líquida, que segue depois para tratamento.

No caso de se instalar esta rede em zonas onde já existam sistemas individuais de saneamento por meio de fossas sépticas, estas podem ser utilizadas como tanques interceptores ou de decantação.

Um sistema de esgotos decantados é composto por:

- Ligações residenciais – do tanque interceptor a uma ou várias habitações
- Tanque interceptor de sólidos ou fossa séptica
- Colectores de esgotos decantados

O esquema de instalação na rede de saneamento é apresentado na figura 6.



**Figura 6 – Representação esquemática da ligação domiciliar à rede de esgotos decantados** (Fonte: Paixão, 1996)

O tanque interceptor deverá ter características construtivas que permitam a separação de sólidos, a digestão dos sólidos sedimentados e a sua armazenagem, por um período de tempo razoável. Periodicamente, ao atingir a capacidade máxima de armazenamento, o tanque deverá ser esvaziado por meio de viatura limpa-fossas, e os resíduos removidos encaminhados para destino final adequado (ETAR ou deposição no terreno).

### Características e Traçado da Rede

De acordo com Mara (1996) a rede de esgotos, associada a este tipo de sistema de saneamento, é desenhada de forma totalmente diferente, quando comparada com a rede de saneamento convencional.

Estas redes não estão desenhadas com o objectivo de se alcançar a velocidade de transporte de sólidos, uma vez que estes ficam retidos no tanque de decantação, e o tipo de escoamento pode mudar ao longo dos troços de colectores, alternando entre escoamento gravítico em superfície livre, e escoamento em secção cheia.

Os colectores de esgotos decantados são de diâmetro reduzido, em PVC ou em Polietileno de baixa densidade.

### Locais para instalação

Este tipo de rede deve ser instalado em locais onde já existam, preferencialmente, fossas sépticas instaladas em várias unidades habitacionais, e onde exista espaço disponível para instalar alguns destes equipamentos em fases de expansão da rede. Geralmente estas zonas têm um abastecimento de água constante, e como tal são onde a população apresentam rendimentos familiares médio-altos.

Este sistema foi desenvolvido inicialmente na Zâmbia, e tem sido utilizado não só em países em vias de desenvolvimento (Colômbia e Nigéria, por exemplo), como também em vários locais na Austrália e nos Estados Unidos.

### Custos Associados

Em termos comparativos, os custos associados a esta solução são geralmente mais reduzidos quando comparados com os sistemas convencionais. Pois são necessárias escavações menos profundas para a colocação dos colectores, os colectores têm diâmetros reduzidos (entre 75 e 100 mm, PVC), e as caixas de visita são simples e de pequenas dimensões.

Caso estas redes de colectores sejam instaladas em zonas onde já existam fossas sépticas que recolham os efluentes das habitações, os custos de construção são ainda mais reduzidos, pois estes poderão passar a desempenhar a função de tanques interceptores.

## **Rede de Saneamento Não Convencional - Rede de Esgotos Simplificada**

### Características e traçado da rede

Os colectores deste tipo de rede recebem as águas residuais em bruto, sem passarem por tanques interceptores. Os colectores de diâmetros reduzidos são instalados com inclinações, no sentido de escoamento, muito suaves. Estas redes são instaladas geralmente dentro de complexos habitacionais, para que um mesmo colector receba os esgotos de várias unidades familiares.

A parte da rede de colectores instalada dentro dos agregados familiares, é usualmente designada rede do condomínio, e tem como função a colecta de água residuais e o seu encaminhamento para a rede de colectores principal que transporta os efluentes para o local de tratamento.

Na figura 7 esquematiza-se um traçado típico deste tipo de rede de esgotos, em zonas peri-urbanas de traçado não planeado.



**Figura 7 – Esquema de Rede de Esgotos Simplificada** (Fonte: Mara, 1996)

### Locais para Instalação

A sua instalação iniciou-se no Brasil, estado de Rio Grande do Norte, e tem sido utilizado um pouco por todo o continente da América do Sul, e até mesmo no Paquistão.

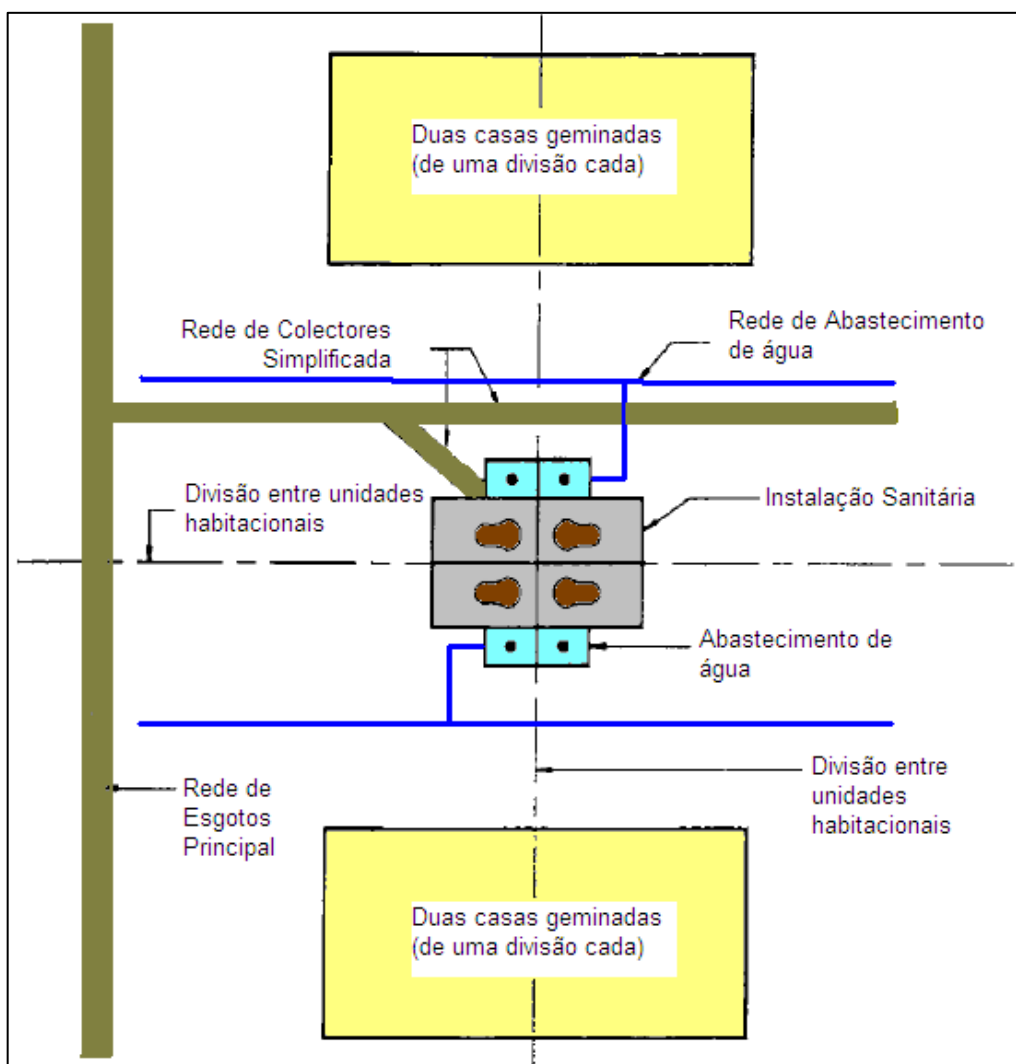
Este tipo de sistema de saneamento é mais apropriado para locais de elevada densidade habitacional, e com rendimentos *per-capita* reduzidos, onde existam fontes de abastecimento de água e onde não haja espaço para a construção de instalações sanitárias de outros tipos. Em vários países em vias de desenvolvimento, principalmente na periferia das grandes cidades, este tipo de recolha de efluentes tem-se revelado ser o mais apropriado.



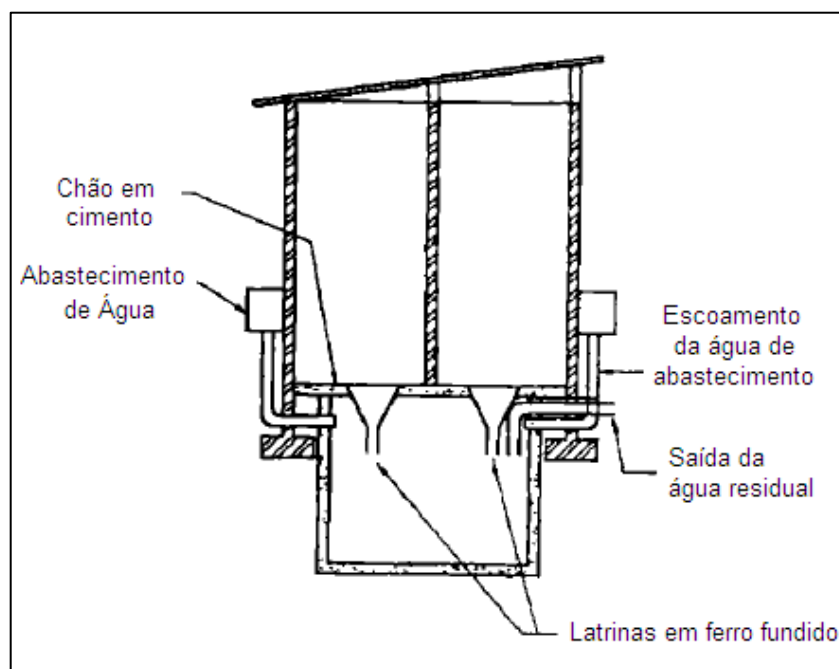
## Custos

Os custos associados a esta solução são reduzidos pois, tal como na rede de esgotos decantados, as escavações são muito superficiais, os colectores são de diâmetro reduzido, e as caixas de visita são simples e pequenas. Os colectores são instalados com inclinações muito reduzidas, pois o seu dimensionamento é baseado na força mínima de tracção entre partículas e não na velocidade mínima de escoamento, garantindo assim o transporte de sólidos nos colectores.

Nas regiões servidas por uma rede de esgotos simplificada devem existir ou ser construídas, instalações sanitárias que abranjam toda a população, quer sejam instalações unifamiliares ou plurifamiliares (figura 9). O esquema construtivo sugerido por Mara (1996), utilizado em vários locais, e amplamente estudado por outros autores, é apresentado de forma resumida na figura 8.



**Figura 8 – Rede de Esgotos Simplificada ao nível dos blocos habitacionais**  
(Adaptado de Mara, 1996)



**Figura 9 – Bloco de Instalações Sanitárias para redes de esgotos simplificados** (Mara, 1996)

#### 2.4.6. INFRA-ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

##### **Enquadramento**

Tal como refere Volkman (2003) os efeitos de um tratamento de água residuais inadequado, pode ter impactos negativos na comunidade local, ao nível económico, cultural e de saúde. Os custos da má gestão dos efluentes domésticos podem ser muito elevados. Como exemplo referem-se a epidemia de 1994 na Índia que resultou numa quebra das receitas do sector do turismo em cerca de 200 milhões de dólares; e a recente epidemia de cólera no Peru cujas estimativas dos custos ultrapassou em três vezes os gastos dos 10 anos anteriores em infra-estruturas de água e saneamento, em todo o país.

Os sistemas de tratamento utilizados no mundo são muito variados e incorporam tecnologias diferentes. No entanto o objectivo principal é comum a todos.

As águas residuais produzidas nas várias actividades humanas, devem ser sujeitas a tratamentos adequados com o objectivo de reduzir a sua carga poluente, para que depois possa ser descarregada para o meio ambiente, em condições que não causem impactos significativos negativos. Em muitos países onde a escassez de água é mais marcante, os

sistemas de tratamento de água podem e devem ser utilizados para produzir água residual tratada de elevada qualidade, que possa ser reutilizada para outras actividades ligadas ao desenvolvimento económico da região. Nesta perspectiva os sistemas de tratamento utilizados em países em vias de desenvolvimento devem ser sustentáveis do ponto de vista económico, ambiental e social.

## **Tecnologias de Tratamento Centralizadas**

Os sistemas centralizados, como já se referiu anteriormente, são constituídos por uma rede de colecta e transporte de água residuais desde os locais de produção até ao local de tratamento, designados de ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais).

Das várias tecnologias conhecidas e amplamente utilizadas em várias regiões, apresentam-se de seguida os seguintes sistemas, que se consideram mais adequados às exigências dos países em vias de desenvolvimento.

### **Lagoas de Macrófitas**

Segundo Rodrigues (1996) as lagoas de macrófitas não são mais do que lagoas de oxidação, às quais se incorporam plantas capazes de desenvolverem abundantes rizomas (macrófitas), que desta forma auxiliam o processo de oxidação da matéria orgânica presente nas águas residuais.

O tratamento é complexo e resulta de processos naturais químicos, físicos e biológicos, incluindo sedimentação, precipitação, adsorção, assimilação de nutrientes pelas plantas e actividade microbiana. Estes processos desenvolvem-se devido à simbiose entre plantas, solo e/ou substrato artificial e microrganismos.

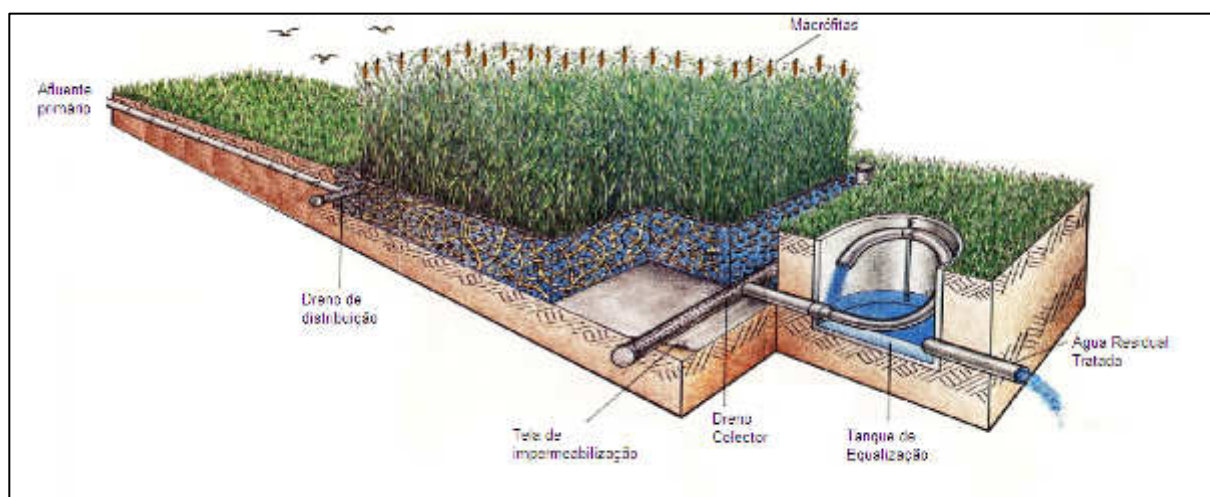
A função principal das plantas consiste em fornecer o oxigénio ao solo/substrato e à massa de água, através dos rizomas, possibilitando assim o desenvolvimento de uma população densa de microrganismos aeróbios, responsáveis pela degradação e remoção da carga orgânica da água residual. Sendo um processo muito completo ocorre ainda a remoção de nutrientes, azoto e fósforo, elimina microrganismos patogénicos e substâncias inorgânicas indesejadas como fenóis e metais pesados

Este sistema que incorpora as forças da natureza para purificar a água residual, evidencia uma elevada eficiência de tratamento, sendo que toda a água tratada pode ser reutilizada.

Estas lagoas são geralmente instaladas após um tratamento primário por decantação, para a remoção de sólidos suspensos. São normalmente constituídas por lagoas de estabilização com dimensões entre 40 a 50 m de largura, 100 a 150 m de comprimento e 0,3 a 0,8 m de profundidade. Para garantir o desenvolvimento dos processos biológicos as lagoas são

previamente povoadas com larvas e outros pequenos animais, são colocadas plantas de vários tipos, e com funções diferentes, que criem rizomas, e podem mesmo povoar-se as lagoas de depuração final do efluente, com peixes de pequenas dimensões.

Na figura abaixo (figura 10) apresenta-se um esquema simplificado de lagoas de macrófitas:



**Figura 10 – Esquema simplificado de lagoas de macrófitas** (Fonte: Silva, 1997)

Como vantagens refere-se frequentemente a auto-suficiência em termos de tecnologia, a elevada eficiência de tratamento, a promoção da biodiversidade no local de implantação e a viabilidade económica (baixos custos de manutenção). Este sistema é flexível, resistindo bem a flutuações das cargas orgânica e hidráulica.

Em contrapartida as desvantagens mais evidentes são a dependência das condições climáticas, e a necessidade de ocupação de grande parcelas de solo, chegando a ocupar 3 a 5 m<sup>2</sup> por pessoa equivalente servida por este sistema de tratamento. Os climas demasiados frios limitam o crescimento das plantas e a produção de oxigénio, e os climas demasiado quentes, promovem a produção de algas em excesso, que podem levar a entupimentos dos drenos de captação da água tratada e de distribuição. A elevada taxa de evaporação que ocorre durante o processo, associada ao aumento da concentração de sais, e a perda de gás metano para a atmosfera, são outras das desvantagens frequentemente referidas.

### **Lagoas de Estabilização**

As lagoas de estabilização (ou tratamento por Lagunagem) são de longe o sistema de tratamento mais utilizado nos países em vias de desenvolvimento. Isto deve-se aos baixos custos de investimento e manutenção e às condições climáticas que se verificam nas regiões onde se localizam grande parte dos países em vias de desenvolvimento.

A elevada eficiência de remoção que se verifica ao nível de vários parâmetros torna este sistema como um dos mais satisfatórios a utilizar ( $\text{CBO}_5$  75-90%, Azoto 30-50%, Fósforo 20-60%, Microrganismos 60-99%). Para além destes parâmetros a remoção de bactérias e vírus é também da ordem dos 99%, para sistemas em bom estado de manutenção e operação. (Kivaishi, 2000)

Se o tempo de retenção da água residual for igual ou superior a 22 dias, este tipo de tratamento é considerado pela OMS como sendo o único cujo efluente tratado pode ser utilizado para irrigação de campos agrícolas sem qualquer restrição.



**Figura 11 – Lagoas de Estabilização no Brasil** (Fonte: [www.saabb.com.br](http://www.saabb.com.br) (28-02-2008))

Os sistemas de tratamento por lagoas de estabilização, idênticos ao apresentado na figura 11, podem ser constituídos pelos seguintes tipos de lagoas, que instaladas em série garantem elevadas eficiências de tratamento:

- Lagoas Anaeróbias – utilizadas para tratamento de efluentes com elevada carga orgânica e sólidos suspensos. É uma lagoa profunda e de área superficial reduzida, que promove as condições anaeróbias. Os sólidos mais pesados decantam para o fundo da lagoa, onde sofrem processo de digestão anaeróbia, com libertação de metano e dióxido de carbono (principais constituintes do biogás). A eficiência de remoção de  $\text{CBO}_5$  varia entre 70 e 85%.
- Lagoas Aeróbias – lagoas com profundidades reduzidas, e com grandes áreas superficiais, têm em suspensão algas e bactérias. Necessitam de mecanismos de arejamento para manter as condições aeróbias e de mistura. As algas fotossintéticas

produzem oxigénio que é utilizado pelas bactérias no processo de degradação aeróbia. Os nutrientes e dióxido de carbono resultantes deste processo são utilizados pelas algas novamente para a fotossíntese.

- [Lagoas Facultativas](#) – lagoas que combinam os processos aeróbios com os processos anaeróbios, realizados por bactérias aeróbias, anaeróbias e facultativas. Nestas lagoas existem três zonas definidas: a zona superficial onde ocorrem processos aeróbios, promovidos por algas e por bactérias aeróbias que coexistem em simbiose; a zona do fundo onde ocorrem os processos anaeróbios de decomposição dos sólidos por bactérias anaeróbias; e a zona intermédia que é parcialmente aeróbia e parcialmente anaeróbia, onde ocorre a decomposição de matéria orgânica pelas bactérias facultativas.
- [Lagoas de Maturação](#) – são utilizadas como tratamento terciário ou tratamento de depuração antes da descarga no meio ambiente ou antes da utilização da água tratada para outros fins. Os microrganismos são removidos e o azoto amoniacal é convertido em nitrato. Os processos que aqui ocorrem são aeróbios.

### **Lamas Activadas**

O processo de tratamento por lamas activadas é amplamente utilizado nos países desenvolvidos. Este sistema de tratamento divide-se em três fases diferentes. Na primeira fase a matéria orgânica contida na água residual é degradada pelos microrganismos aeróbios existentes no tanque de arejamento ou na vala de oxidação. A mistura é mantida em movimento através dos arejadores que promovem o contacto entre microrganismos, oxigénio e matéria orgânica.

Numa segunda fase a mistura sofre um processo de decantação, separando a fase sólida (microrganismos que consumiram a matéria orgânica) da fase líquida. As lamas biológicas que se acumulam no fundo do decantador, são removidas para tratamento (por exemplo digestão, desidratação, compostagem), podendo mais tarde ser aplicadas na agricultura.

Por último uma outra parte das lamas é recirculada para o tanque de lamas activadas para se manter o poder de degradação biológica do sistema.

A fracção líquida (efluente) já tratada poderá ainda passar um por processo de tratamento final e depois será descarregada no meio ambiente.

Existem vários tipos de tanques de lamas activadas, associados a diferentes formas de arejamento. Sendo que os sistemas mais conhecidos são os tanques de arejamento com arejadores de superfície ou com arejadores por injeção de ar ou oxigénio (figuras 12 e 13), e são as valas de oxidação com arejadores de superfície (figuras 14 e 15).



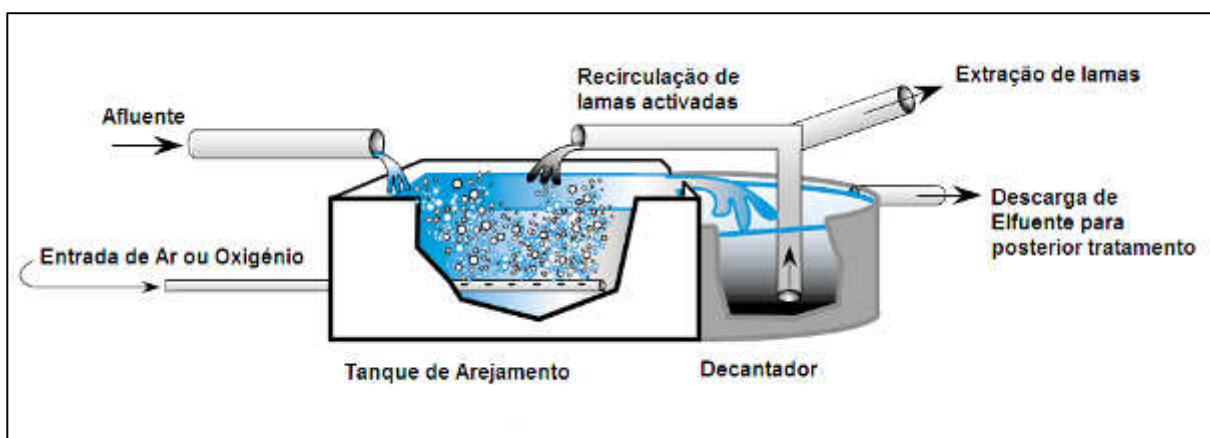


Figura 12 – Esquema de tanque de arejamento por injeção de ar (Adaptado de: Pipeline, 2003)



Figura 13 – Arejamento com injeção de ar (Fonte: Pipeline, 2003)

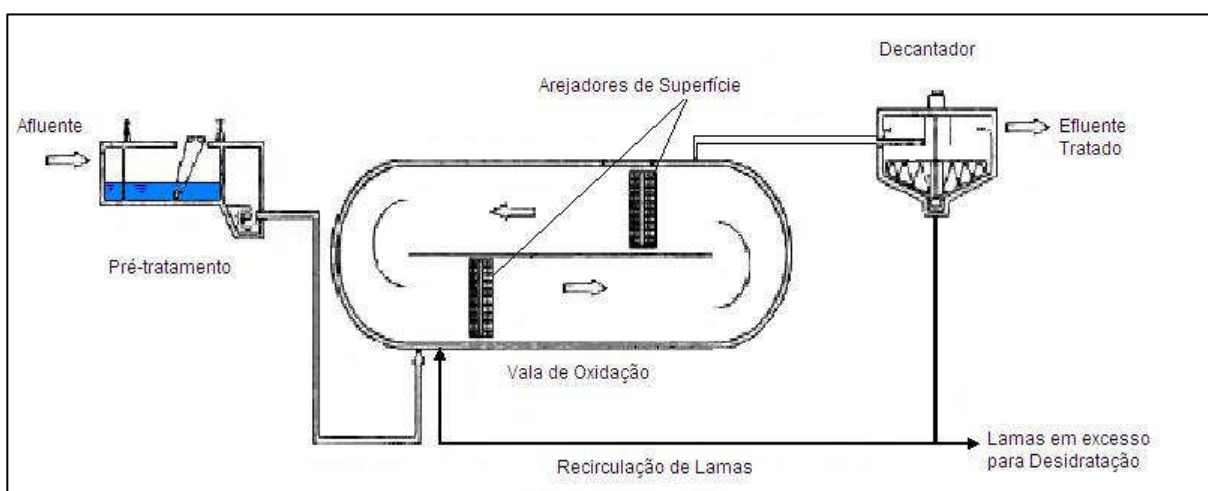


Figura 14 – Esquema de vala de oxidação (Adaptado de: [www.gec.jp](http://www.gec.jp) (28-02-2008))



**Figura 15 – Vala de oxidação com arejadores de superfície** (Fonte: Pipeline, 2003)

### **Digestão Anaeróbia**

Estes sistemas de tratamento degradam a matéria orgânica em condições de falta de oxigénio, por meio de bactérias acidogénicas e metanogénicas, produzindo metano e dióxido de carbono, ou biogás, que pode ser reutilizado para produção de energia. Deste processo resulta a produção de lamas estabilizadas que podem ser aplicadas na agricultura como fertilizante.

Como vantagens refere-se o baixo consumo de energia, a produção de biogás, baixos custos de investimento, reduzida ocupação do solo, elevada eficiência de tratamento e produção de lamas estabilizadas. Este sistema é aplicável a pequenas e grandes capacidades de tratamento, pelo que é adequado para utilização em populações em franco crescimento.

Este sistema é adequado para zonas urbanas de países em vias de desenvolvimento, por ter remoções da ordem dos 75 a 90% de  $\text{CBO}_5$ , por se apresentar um sistema de simples operação, com reduzidos custos de investimento e de manutenção.

Apesar de todas estas vantagens a remoção de organismos patogénicos não é total, havendo necessidade de uma fase posterior de tratamento para a água residual poder ser descarregado no meio ambiente, ou reutilizada para outros fins.



## Leitos Percoladores

Os leitos percoladores são filtros preenchidos com material de suporte (gravilha ou enchimento rugoso de material plástico), onde se fixam os microrganismos responsáveis pelos processos biológicos de degradação da matéria orgânica. As estes filtros são associados decantadores onde se faz a separação da fracção sólida (microorganismos) da fracção líquida (água residual tratada), tal como se ilustra na figura 16.

A alimentação dos leitos com água residual bruta é feita por aspersão da superfície do leito (figura 17), percolando depois ao longo deste, enquanto decorre o processo de tratamento. O efluente tratado após percorrer o leito, é recolhido no fundo do tanque, num espaço aberto que permite o arejamento do material de suporte. Após o tratamento no leito filtrante a água residual segue para um decantador onde se separam as lamas da fracção líquida. Esta poderá ser descarregada e uma parte poderá ser recirculada para aumentar a eficiência de tratamento.

O material de suporte utilizado é geralmente poroso permitindo assim a criação de espaços de fixação de microrganismos e um maior contacto com a água residual, promovendo o processo de tratamento. Os microrganismos presentes são aeróbios, anaeróbios, facultativos, bactérias, fungos e protozoários. Alguns organismos também podem estar presentes, como: caracóis, larvas e minhocas.

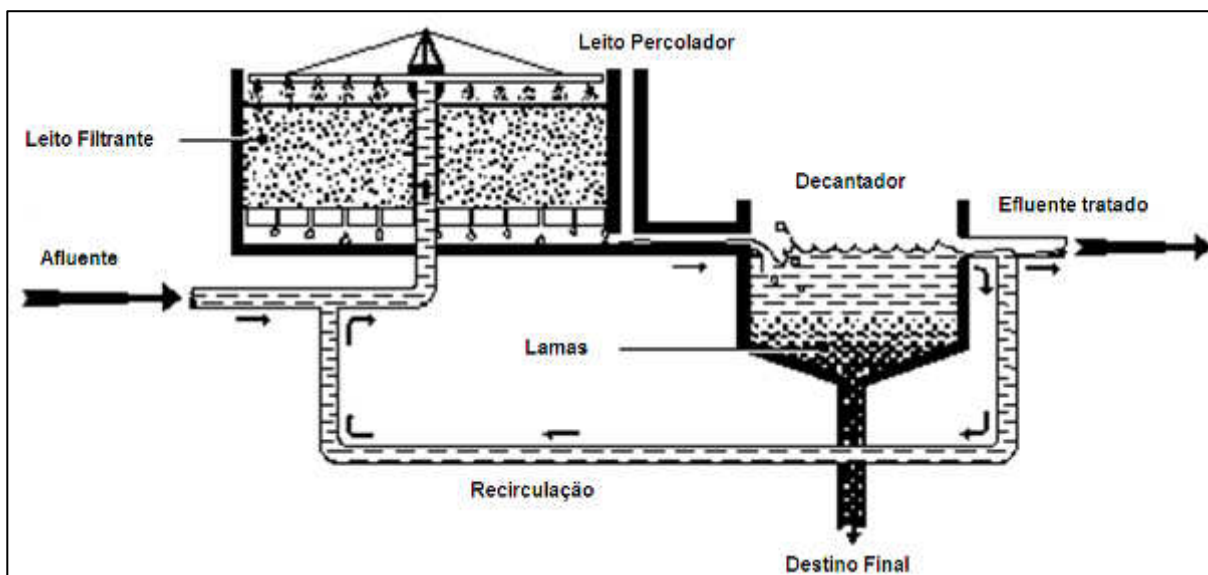


Figura 16 – Esquema de leito percolador (Adaptado de: [www.pwgsc.gc.ac](http://www.pwgsc.gc.ac) (28-02-2008))



**Figura 17 – Leito Percolador** (Fonte: <http://web.vicksburg.org> (28-02-2008))

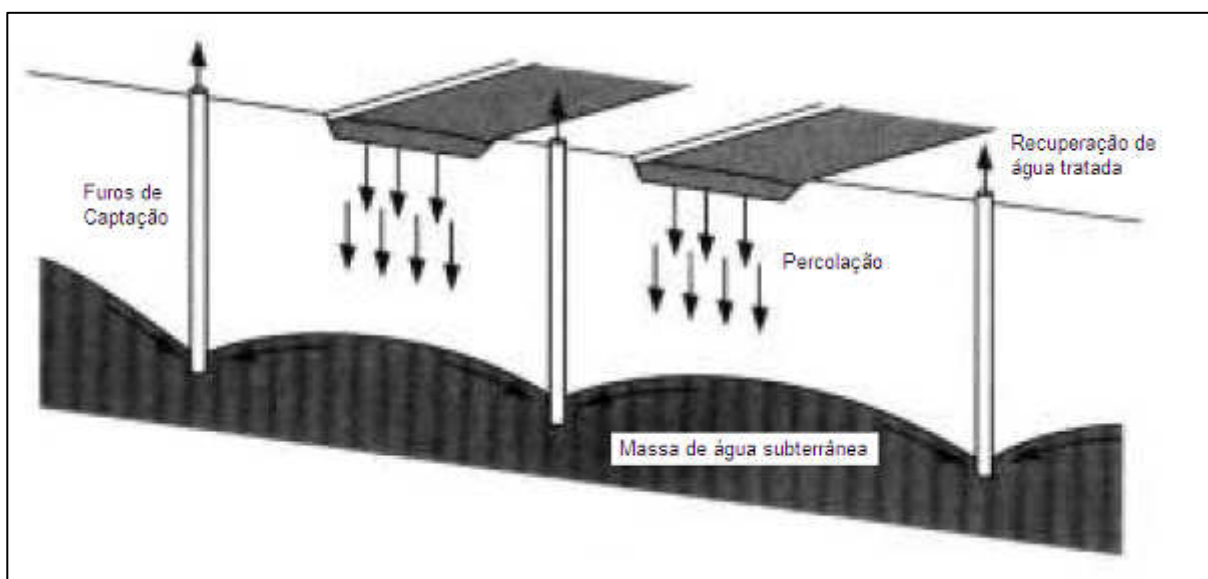
### **Depuração no Solo**

A utilização das capacidades de depuração do solo e auto-regeneração das massas de água têm sido amplamente utilizadas pelo Homem. Este tipo de tratamento consiste da infiltração de água residual, preferencialmente pré-tratada, no solo, promovendo a sua percolação ao longo das diversas camadas, e contribuindo para a recarga das massas de água subterrâneas, tal como se representa na figura 18.

A depuração das águas residuais através da percolação em solos não saturados, permite que grande parte dos contaminantes presentes na água residual, sejam retidos por sucessivas camadas de solo. Nas regiões onde a escassez de água é um problema recorrente, a recarga de massas de água subterrânea com estas águas residuais, tem-se revelado da maior importância, uma vez que mais tarde poderão ser reaproveitadas para novas utilizações, como por exemplo para rega sem restrições.

Estes sistemas não têm custos associados, têm uma elevada eficiência de remoção de nutrientes e de microrganismos patogénicos, e a sua operação e manutenção são simples e económicas.

De acordo com Volkman (2003) estes sistemas requerem geralmente que haja uma fase de pré-tratamento que deverá ser escolhido em função do tipo de reutilização da água tratada, da origem da água residuais, do métodos de recarga utilizados e da localização dos furos de captação de água para reutilização (devem estar a cerca de 45 – 105 m de distância).



**Figura 18 – Representação esquemática do sistema de depuração de água residual no solo**  
(Fonte: Volkman, 2000)

### Comparação dos Sistemas de Tratamento Centralizados

Nos quadros 1 e 2 apresentam-se, resumidamente, as principais características, vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento centralizados referidos:

**Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento centralizados**

Sistema	Características	Vantagens	Desvantagens
<b>Lagoas de Macrófitas</b>	Sistema por lagoas Tratamento biológico por plantas (macrófitas) e bactérias	Elevada eficiência de tratamento Sistema auto-suficiente e ecologicamente equilibrado Economicamente viável Promove a biodiversidade local Tolerante a flutuações das cargas hidráulica e poluente	Exige grande disponibilidade de terreno Funcionamento depende muito das condições climáticas Elevadas taxas de evaporação de água, com aumento da concentração de sais
<b>Lagoas de Estabilização</b>	Sistema por lagoas Tratamento físico e biológico por microrganismos	Elevada eficiência de tratamento Sistema auto-suficiente e ecologicamente equilibrado Economicamente viável Sistema robusto que suporta alterações de carga orgânica e hidráulica	Exige grande disponibilidade de terreno Funcionamento depende das condições climáticas Elevadas taxas de evaporação de água, com aumento da concentração de sais Perda de metano para a atmosfera
<b>Lamas Activadas</b>	Tratamento por arejamento e mistura e posterior decantação Com recirculação de lamas	Elevadas eficiências de remoção de poluentes Ocupam pouco espaço Para elevadas cargas orgânicas	Consomem energia eléctrica As lamas resultantes do processo precisam de posterior estabilização A água residual precisa de pós-tratamento

**Quadro 2 – Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento centralizados (cont.)**

Sistema	Características	Vantagens	Desvantagens
<b>Digestão Anaeróbia</b>	Sistema de digestão simples com possível recuperação de biogás	Produção de biogás com possibilidade de captação para posterior produção de energia Baixos custos de investimento e manutenção Adequado para comunidades em franco crescimento Produção de lamas estabilizadas para aplicação na agricultura Elevada eficiência	Requer a existência de pós-tratamento de água residuais para remoção dos microrganismos patogénicos Consumo de energia
<b>Leitos Percoladores</b>	Tratamento por percolação da água residual no meio estruturante poroso onde se fixam os microrganismos	Baixos consumos de electricidade Elevadas eficiências de tratamento	Para baixas cargas orgânicas e hidráulicas Sistema pouco flexível
<b>Depuração no Solo</b>	Tratamento por percolação no solo	Recarga de massas de água subterrâneas Sem custos de investimento, manutenção ou operação	Requer pré-tratamento dos efluentes A captação de água tratada da massa de água recarregada tem de ser longe do local de depuração

No Anexo II é ainda apresentado um quadro comparativo das soluções de saneamento centralizadas e de uma solução descentralizada, no que diz respeito a:

- Eficiências de Remoção (para parâmetros como CBO5, Azoto, Potássio e Coliformes);
- Tempo de Retenção;
- Necessidades de Remoção de Lamas;
- Requisitos de Energia e Ocupação do Solo;
- Custos de Investimento.

## **Tecnologias de Tratamento Descentralizadas**

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, Unicef (2001)), as tecnologias de tratamento descentralizadas dividem-se em tecnologias “melhoradas” ou adequadas, e tecnologias “não melhoradas”, não adequadas ou não aconselhadas. Esta distinção decorre do isolamento da população face ao sistema de saneamento, e do tipo de tratamento ser eficiente na redução ou contenção da contaminação do meio envolvente e das populações.

- Tecnologias Adequadas
  - Fossas Sépticas
  - Latrinas com descarga de água
  - Latrinas de fossa simples
  - Latrinas de fossa ventiladas
- Tecnologias não aconselhadas
  - Latrinas secas ou de balde
  - Latrinas abertas (suspensas, directamente no solo)

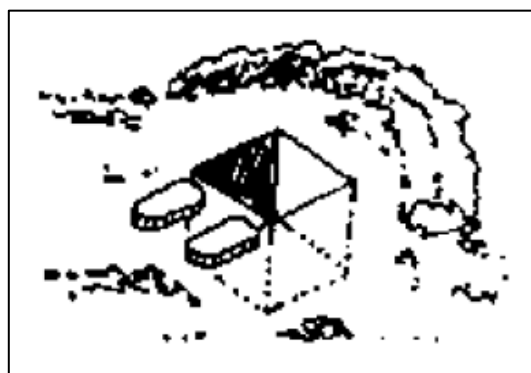
Nos pontos seguintes descrevem-se vários dos sistemas de saneamento descentralizado, começando pelos mais rudimentares e menos adequados, e terminando com os sistemas mais evoluídos e adequados.

### **Latrinas Abertas – deposição no meio ambiente**

A deposição de dejectos humanos directamente no meio ambiente, frequente ainda em várias regiões, recorre a três métodos diferentes.

#### Buraco no solo ou Fossa Superficial – “Shallow Pit”

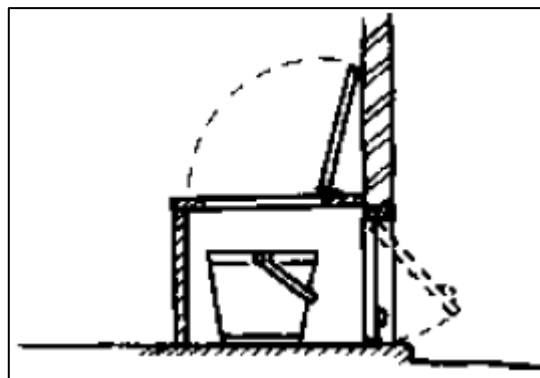
Geralmente utilizadas em regiões agrícolas por trabalhadores do campo. Consiste num pequeno buraco escavado no solo, com cerca de 30 cm de profundidade, que recebe os dejectos humanos, e é coberto regularmente (figura 19). Neste sistema o solo é o único elemento de depuração da carga orgânica.



**Figura 19 – Esquema de Latrina aberta – buraco no solo** (Fonte: OMS, 1992)

### Latrina de Balde – “Bucket Latrine”

Estas latrinas consistem na deposição dos excrementos num balde, e o seu posterior encaminhamento para destino final (figura 20). Os destinos finais mais comuns são a deposição directa no meio ambiente (solo, massas de águas), ou, em alguns locais, a descarga para sistemas de tratamento de água residuais (através de colectores ou directamente).

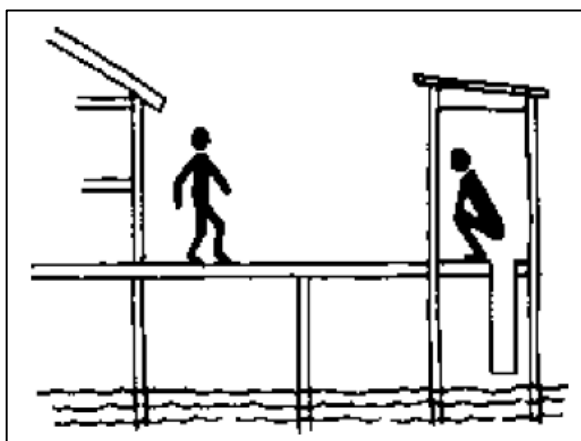


**Figura 20 – Latrina de Balde** (Fonte: OMS, 1992)

### Latrina Suspensa – “Overhung Latrine”

Este tipo de latrinas são geralmente construídas sobre o mar, rios ou lagos, para que as correntes e deslocções de massas de água dispersem a matéria poluente, tal como se ilustra nas figuras 21 e 22. Nestes sistemas o processo de diluição da poluição é o mais importante, ocorrendo no entanto também a degradação biológica no meio aquático.

Este tipo de latrinas são responsáveis pela contaminação das massas de água sobre as quais estão instaladas, e como tal condicionam o uso de água por populações que se encontrem a jusante.



**Figura 21 – Esquema de Latrina suspensa sobre massa de água** (Fonte: OMS, 1992)

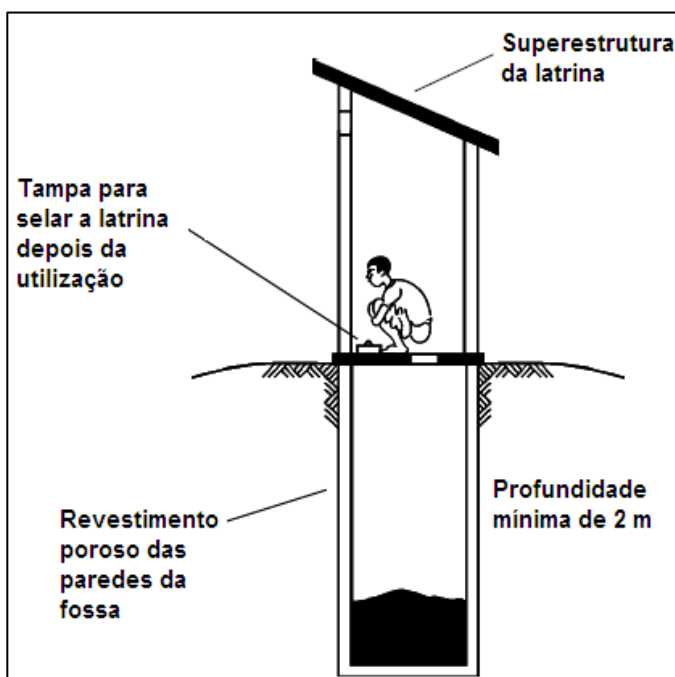


**Figura 22 – Latrina suspensa sobre massa de água no Vietnã** (Fonte: [www.unep.org](http://www.unep.org) (28-02-2008))



## Latrinas Simples

### Latrina de Fossa – “Pit Latrine”



**Figura 23 – Esquema de Latrina de fossa simples**  
(Adaptado de: Cotton, *et al* (1995))

As latrinas de fossa foram concebidas para receberem pequenas quantidades de água. A fossa geralmente não é selada pelo que se permite a infiltração da fracção líquida dos dejectos para o solo. Por seu lado, a fracção sólida permanece no interior da fossa sendo sujeita a processos químicos e biológicos de degradação da matéria orgânica. Destes processos libertam-se gases para a atmosfera, água que infiltra para o solo, e a fracção sólida fica estabilizada, enriquecendo os solos.



**Figura 24 – Latrina de fossa simples** (Fonte: <http://aquamor.tripod.com> (28-02-2008))



**Figura 25 – Construção de uma latrina de fossa simples** (Fonte: <http://aquamor.tripod.com> (28-02-2008))

Tal como se apresenta na figura 23 estas latrinas são constituídas por uma fossa escavada no solo, cujas paredes podem ser revestidas com material poroso, e por uma plataforma ou laje por cima da fossa onde os utilizadores se posicionam, e onde existe um pequeno buraco de ligação à fossa (figura 25).

Geralmente é apoiada nesta laje uma estrutura simples de isolamento da latrina (superestrutura), que lhe confere mais privacidade (figura 24).

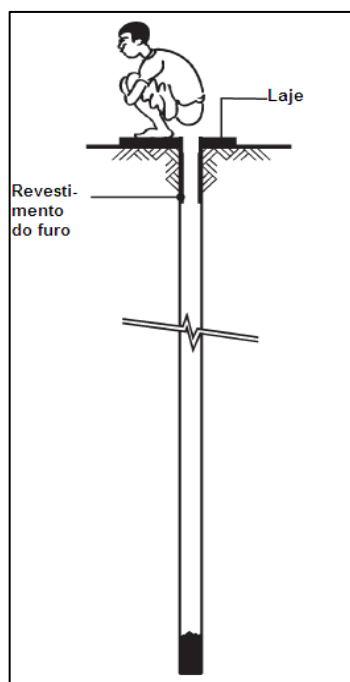
Para evitar a concentração de moscas e outros insectos, é aconselhável que após cada utilização o buraco seja selado com uma tampa adaptada a esta função, tal como a representação da figura 26.

As latrinas devem ser construídas em pontos mais elevados do solo para evitar que águas superficiais e pluviais entrem para a latrina. As dimensões aconselhadas para estas fossas são cerca de 1,5 m de diâmetro para uma profundidade mínima de 2 m, sendo aconselhável, sempre que possível, atingir profundidades superiores.

Estas latrinas têm sido amplamente utilizadas pois são fáceis de construir, promovem a utilização de matérias-primas locais, e têm custos de construção e manutenção muito reduzidos.



**Figura 26 – Pormenor da laje da latrina com tampa de selagem do buraco**



**Figura 27 - Esquema de Latrina de furo** (Adaptado de: Harvey, et al (2002))

#### Latrina de Furo – “Borehole Latrine”

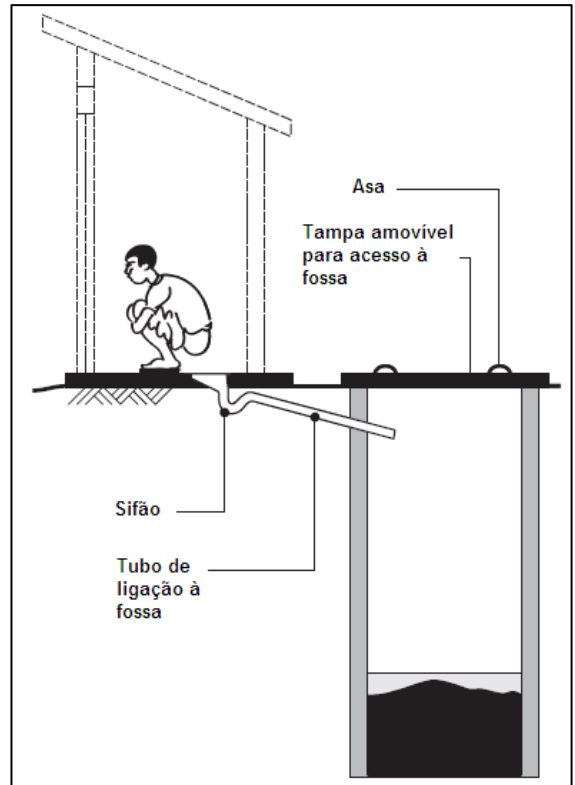
Este tipo de latrinas é muito idêntico ao das latrinas de fossa, no entanto aqui o depósito de excrementos é feito num furo com cerca de 400 mm de diâmetro por 4 a 8 m de profundidade, tal como o apresentado no esquema da figura 27. Estes poços necessitam de revestimento apenas nos primeiros 50 cm de profundidade. Este tipo de latrinas é apropriado para locais cujos níveis de água subterrâneas estejam muito profundos, para que não ocorra contaminação por esta via. São normalmente construídos em locais onde exista equipamento adequado à perfuração do solo, e onde haja necessidade de construir rapidamente um grande número de latrinas, e para locais onde as propriedades do solo não permitam a escavação de fossas.



### Latrinas com descarga de água ou com Sifão – “Pour-flush Latrine”

Estas latrinas de fossa são amplamente utilizadas no sul da Ásia, onde a higiene pessoal requer a utilização de água. Estas latrinas estão equipadas com um sifão na passagem dos excrementos para a fossa (figura 28), que os retém, sendo depois feita uma descarga de água que os arrasta para a fossa.

O sifão funciona como uma selagem por água, separando o ambiente da superestrutura do ambiente da fossa. Este mecanismo isola os odores e diminui a presença de insectos, nomeadamente moscas.



**Figura 28 – Esquema de Latrina com sifão**  
(Adaptado de: Harvey, et al (2002))

Estas fossas são utilizadas onde existe água disponível para realizar a descarga, e como tal não é utilizada em regiões áridas ou semi-áridas (figura 29).

As fossas podem estar localizadas logo por baixo da superestrutura ou um pouco mais ao lado, permitindo assim o acesso à fossa para futuras limpezas.



**Figura 29 – Exemplo de Latrina de sifão** (Fonte: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) (28-02-2008))

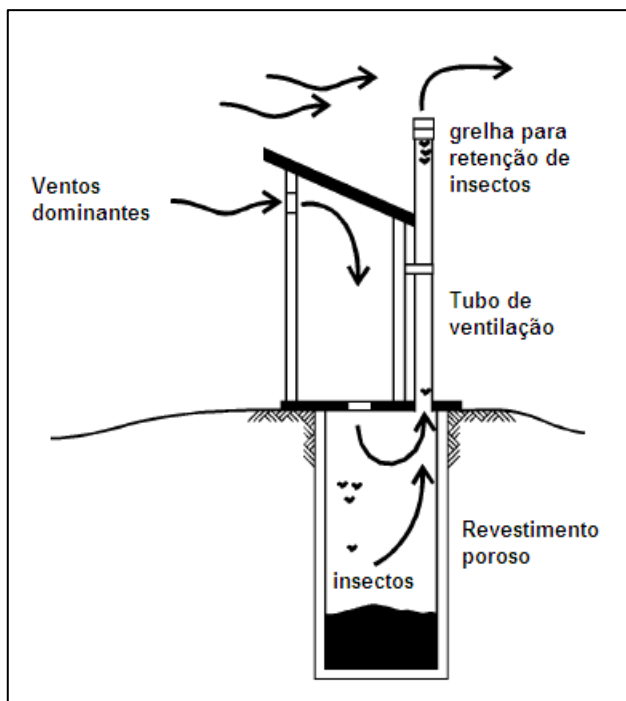
## Latrinas Ventiladas – “VIP Latrine”



**Figura 30 – Latrina VIP** (Fonte: <http://loofactory.blogspot.com> (28-02-2008))

Nestas latrinas é incorporado um tubo de ventilação da fossa para o exterior, para promover a remoção dos maus cheiros que se acumulam na fossa. Este tubo deverá ser colocado no exterior da estrutura e deve ser pintado de preto, para que o sol promova o aquecimento do ar fazendo com que este suba mais facilmente (figuras 30 e 31). O tubo deverá ser mais alto do que a estrutura da latrina. Dentro da latrina deixa de haver necessidade de utilizar uma tampa para cobrir o buraco.

As latrinas ventiladas não são mais do que latrinas simples melhoradas com circulação de ar no interior da superestrutura e da fossa, que evita a acumulação de maus cheiros.



**Figura 31 – Esquema de Latrina melhorada com ventilação (Latrina VIP)** (Adaptado de: Cotton, *et al* (1995))

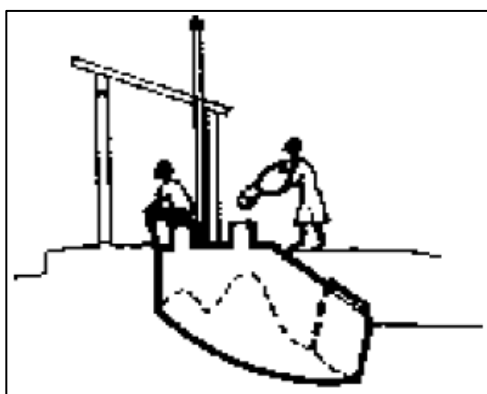
A estrutura da latrina deverá ter uma secção livre para entrada de ar, com cerca de três vezes a secção transversal do tubo de ventilação. A orientação da cabine deverá ter em conta a direcção dos ventos dominante, tal como se esquematiza na figura 31, sendo que a entrada de ar deverá estar voltada para a direcção dos ventos dominante, promovendo assim uma mais fácil ventilação.

### Latrinas de compostagem – “Composting Latrine”

Neste tipo de latrinas é promovida a compostagem dos excrementos em conjunto com materiais do uso diário das populações servidas, como cinzas e matérias vegetais. A fossa onde ocorre o processo de compostagem recebe alternadamente os excrementos e as cinzas, terra e materiais vegetais (figuras 32 e 33). O composto resultante deste processo é um bom fertilizante para o solo, estando já estabilizado após quatro meses de compostagem.



**Figura 32 – Utilização da latrina de compostagem** (Fonte: <http://aquamor.tripod.com> (28-02-2008))



**Figura 33 – Esquema de latrina de compostagem** (Fonte: OMS, 1992)

O período de estabilização tem de ser cumprido, para que todos os organismos patogénicos sejam eliminados e para que o composto estabilizado possua todas as características necessárias para a aplicação no solo como fertilizante. Em algumas regiões este período não é cumprido e têm-se verificado contaminações da população que o manuseiam e aplicam no solo

Este tipo de latrinas é mais adequado ao uso em zonas rurais, onde se fecha assim o ciclo com a utilização do composto na produção de alimentos. Por outro lado é também mais aconselhado para locais onde não seja utilizada muita água para higiene pessoal, ou onde a

fracção líquida dos excrementos seja separada não seguindo para a fossa, pois o processo de compostagem funciona melhor sem a adição de água.



Numa perspectiva de facilitar a utilização destas latrinas com vista à fertilização dos solos agrícolas da região, têm vindo a ser construídas latrinas de compostagem de dupla fossa, idêntica à apresentada na figura 34. Neste tipo de construção uma das fossas é utilizada para receber excrementos, cinzas e matéria vegetal, e apenas quando estiver cheia é que se inicia a utilização da segunda fossa. Entretanto o composto da primeira fossa fica a estabilizar cerca de 4 meses, podendo depois ser retirado para aplicação directa no solo.

**Figura 34 – Latrina de Compostagem de dupla fossa**

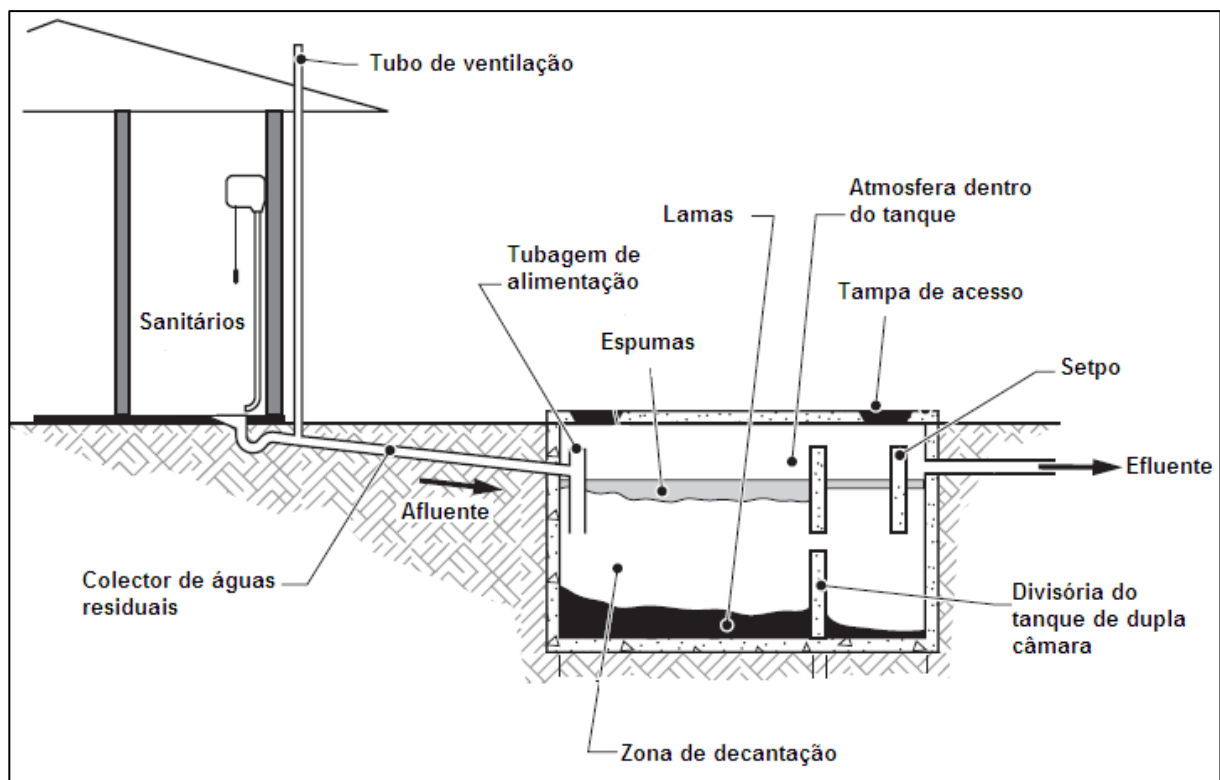
(Fonte: <http://aquamor.tripod.com>  
(28-02-2008))

### **Fossa séptica**

As fossas sépticas são infra-estruturas de tratamento de água residuais domésticas, servindo normalmente unidades familiares. Estes sistemas são apropriados para locais onde a produção de águas residuais é elevada (onde normalmente o abastecimento de água para consumo humano é regular e em grande quantidades), ou seja, são apropriadas para locais onde as latrinas de fossa não têm capacidade suficiente de retenção e tratamento, e, por outro lado, onde a ligação a redes de colectores não seja uma hipótese viável.

Em suma, geralmente este sistema é instalado em locais onde o rendimento da população é médio ou elevado, onde existe abastecimento de água para consumo humano em quantidade, e onde a rede de colectores em sistemas centralizados não é uma opção.

A instalação sanitária está geralmente separada da fossa que pode recepcionar também as águas das lavagens e da preparação de alimentos.



**Figura 35 – Esquema de fossa séptica** (Adaptado de: Harvey, *et al* (2002))

Explicando a infra-estrutura com base na figura 35, refere-se que estes sistemas recolhem todas as águas residuais produzidas num tanque onde decorrem processos de tratamento diferentes, de onde resulta água residual tratada, e a deposição de lamas no fundo do tanque, que deverá ser limpo regularmente. Os processos de tratamento que se verificam são:

Decantação: separação da fracção sólida mais pesada para o fundo do tanque, com uma eficiência de cerca de 80%.

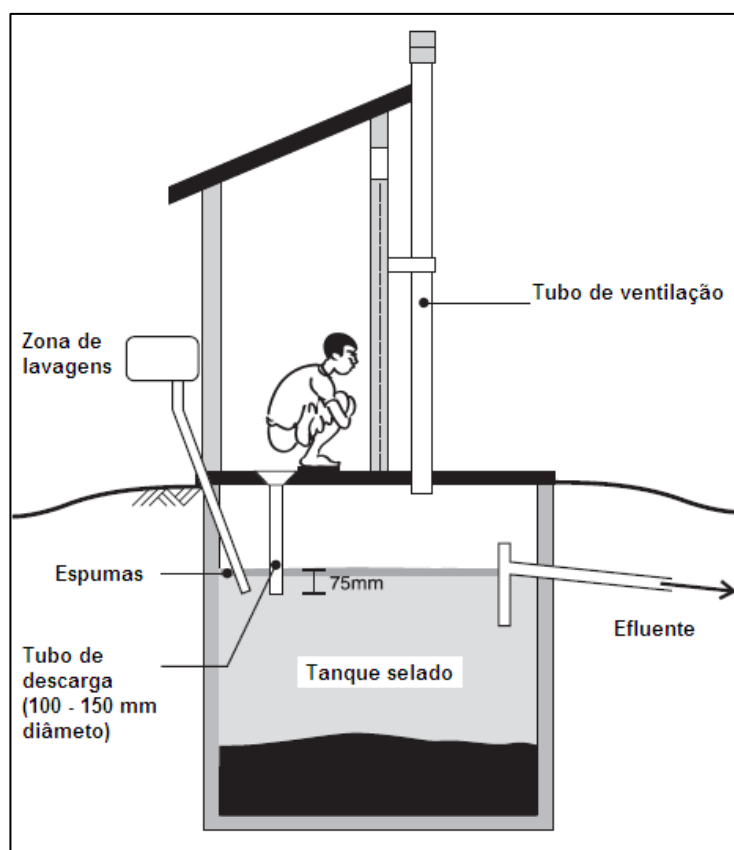
Flotação: gorduras e outros materiais flutuantes, flutuam na superfície da água dentro do tanque, formando uma camada de espuma que fica retida por meio de anteparos dentro do tanque.

Digestão das lamas e consolidação: as lamas que se acumulam no fundo do tanque comprimem-se com o próprio peso, as bactérias presentes na mistura promovem a degradação anaeróbia da matéria orgânica, produzindo biogás, resultando daqui lamas estabilizadas.

Apesar do tratamento na fossa séptica ser bastante completo, o efluente líquido resultante não fica estabilizado pelo que é necessário encaminhá-lo para um tratamento adequado, antes da deposição no meio ambiente.

### Latrina com fossa impermeável – “Aqua Privy”

São latrinas construídas em cima de uma fossa selada ou de uma fossa séptica. Estas infra-estruturas são adequadas para locais onde as latrinas de fossas sejam inaceitáveis em termos sociais ou técnicos, mas onde o volume de água no efluente seja reduzido. Estes sistemas não requerem a utilização de grandes quantidades de água, visto a latrina estar localizada imediatamente por cima do tanque, e o tubo de descarga da latrina ter entrada directa para a água dentro do tanque, tal como se evidencia na figura 36. Esta descarga directa evita a propagação de maus cheiros e de insectos. O tanque tem de ser impermeável para evitar a infiltração para o solo evitando assim a perda de nível de água dentro do tanque (que tem de ser manter constante).

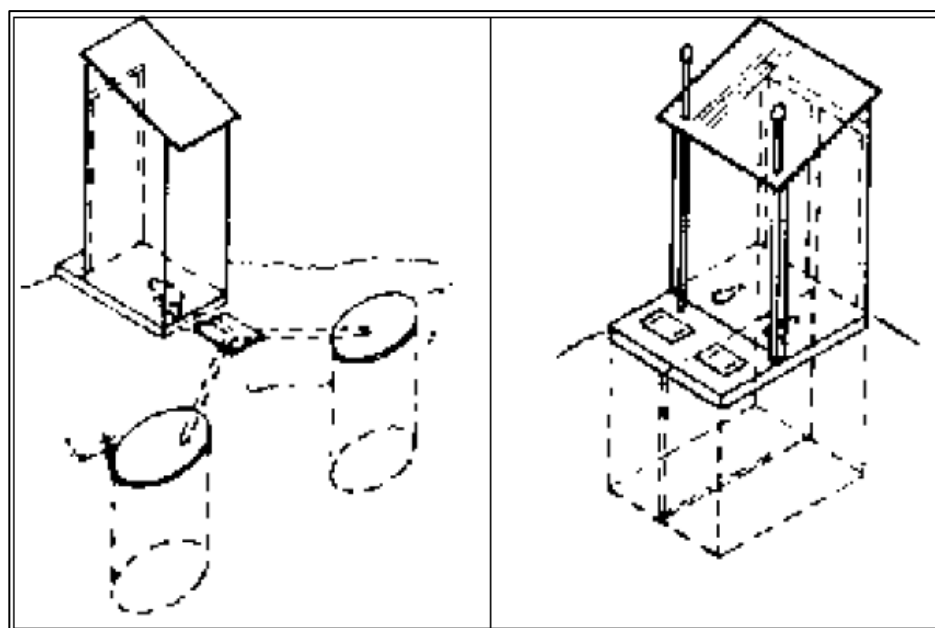


**Figura 36 – Esquema de “Aqua-privy”** (Adaptado de: Harvey, *et al* (2002))

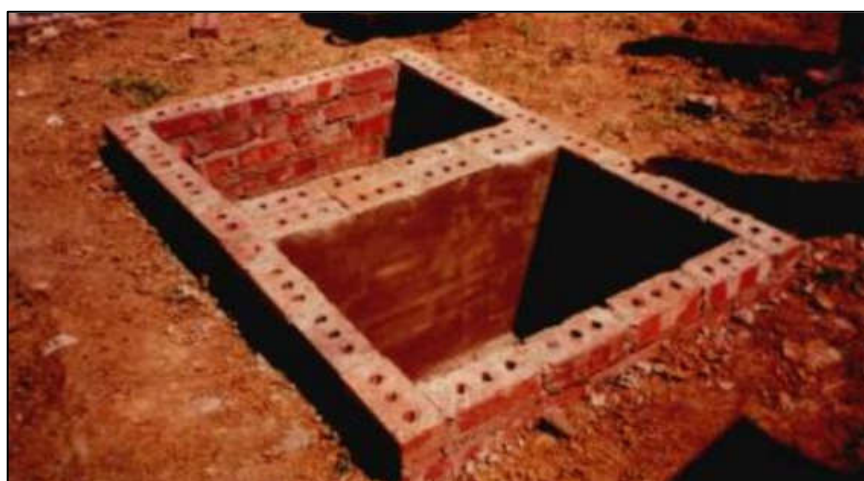
### Fossas duplas

Em zonas rurais e com densidade populacional baixa, geralmente são construídas duas fossas ao lado uma da outra, para cada latrina, seguindo os esquemas construtivos apresentados nas figuras 37 e 38. Nestas situações apenas uma das fossas é utilizada de cada vez, sendo que quando esta fica cheia é colocada uma cobertura de terra e a superestrutura da latrina é deslocada para cima da segunda fossa (caso seja amovível). Decorridos dois anos desde a selagem da fossa, os excrementos estarão totalmente decompostos e estabilizados, e poderão ser retirados para aplicar no solo como fertilizante. A remoção de todo o conteúdo da fossa permite que esta possa ser utilizada novamente após a selagem da segunda fossa.





**Figura 37 – Esquemas de latrinas de fossa dupla** (Fonte: OMS, 1992)



**Figura 38 – Construção de fossas duplas** (Fonte: <http://aquamor.tripod.com> (28-02-2008))

### **Limpeza das Fossas**

Quando as fossas utilizadas têm uma grande utilização e enchem rapidamente, e quando a situação não permite que se construam mais fossas devido à falta de espaço disponível, a solução passa necessariamente pela limpeza das fossas regularmente. Uma vez que os detritos a serem removidos nestes casos, ainda não estão estabilizados, a sua remoção e encaminhamento têm de ser cuidadosos e não devem envolver contacto directo com as pessoas. Assim habitualmente são utilizados veículos limpa-fossas idênticos ao apresentado na figura 39.



**Figura 39 – Veículo limpa-fossas** (Fonte: [www.franca.sp.gov.br](http://www.franca.sp.gov.br) (28-02-2008))

No entanto surgem por vezes algumas dificuldades: nas situações dos detritos terem pouca fracção líquida impedindo que sejam aspirados, e quando os veículos estão em mau estado de conservação o que impede que a sua capacidade de aspiração seja utilizada. Nestas situações devem ser considerados veículos de capacidade de carga reduzida que transporte um motor de aspiração, que tem custos mais reduzidos de manutenção, mas que se desloca também mais rápido e para locais mais difíceis do que as viaturas limpa-fossas tradicionais.

### Comparação dos vários tipos de soluções

Nos quadros seguintes (3, 4 e 5) são apresentadas as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções de saneamento descentralizadas referidas anteriormente, permitindo assim a sua comparação e verificação da adequação às características dos locais de implantação.

**Quadro 3 – Vantagens e Desvantagens dos sistemas de saneamento descentralizados**

Tipo de solução	Vantagens	Desvantagens
<b>Buraco no solo</b>	Sem custos Função fertilizante	Atrai muitos insectos Promove a disseminação de parasitas intestinais
<b>Latrina de balde</b>	Sem custos	Necessidade de transporte manual de dejectos até ao destino final Promove a disseminação de parasitas intestinais



**Quadro 4 – Vantagens e Desvantagens dos sistemas de saneamento descentralizados (cont.)**

<b>Tipo de solução</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Latrina Suspensa</b>	<p>Custos reduzidos</p> <p>Pode ser construída pelos utilizadores</p> <p>Latrina isolada da habitação</p> <p>Fácil utilização</p>	<p>Contaminação do meio receptor</p> <p>Promove a disseminação de parasitas intestinais</p> <p>Contaminação de massas de água e das populações a jusante</p> <p>Diluição da poluição</p>
<b>Latrina simples de fossa</b>	<p>Custos reduzidos</p> <p>Pode ser construída pelos utilizadores</p> <p>Não necessita de água para funcionar</p> <p>De fácil utilização</p>	<p>Atrai muitos insectos (se o buraco da latrina não tiver uma tampa que o sele quando não estiver a ser utilizada)</p> <p>Liberta maus cheiros</p>
<b>Latrina de furo</b>	<p>Construção fácil e rápida se existir equipamento de perfuração</p> <p>Apropriada para uso de curta duração</p>	<p>Poço fica facilmente obstruído</p> <p>Tempo de vida útil curto</p> <p>Elevado risco de contaminação das águas subterrâneas</p>
<b>Latrina de descarga de água ou de sifão</b>	<p>Custos reduzidos</p> <p>Controlo de insectos</p> <p>Ausência de cheiros</p> <p>No caso das fossas estarem deslocada da zona da latrina, esta assenta perfeitamente no chão e pode ser instalada no interior das habitações</p> <p>Sistema seguro e de confiança no seu funcionamento mesmo quando não há muita disponibilidade de água</p>	<p>Necessidade de utilização de água para concretização da descarga</p>
<b>Latrina ventilada (VIP)</b>	<p>Custos reduzidos</p> <p>Pode ser construída pelos utilizadores</p> <p>Fácil utilização</p> <p>Ausência de cheiro nas latrinas</p> <p>Controlo de moscas</p>	<p>Não controla mosquitos</p> <p>Custo extra para instalação do tudo de ventilação</p> <p>É necessário que o interior das latrinas seja mantido escuro</p>
<b>Latrina de compostagem</b>	<p>Custos reduzidos</p> <p>Produção de fertilizante para o solo</p> <p>Redução dos maus cheiros e de insectos</p>	<p>Necessidade de cumprir com procedimentos operacionais específicos</p> <p>Fracção líquida tem de ser tratada separadamente</p> <p>Cinzas e matéria vegetal têm de ser adicionadas regularmente</p>

**Quadro 5 – Vantagens e Desvantagens dos sistemas de saneamento descentralizados (cont.)**

Tipo de solução	Vantagens	Desvantagens
<b>Fossa Séptica</b>	<p>Dá aos utilizadores a possibilidade de ter instalações sanitárias completas dentro das habitações</p> <p>Recebe águas das lavagens e de preparação dos alimentos</p>	<p>Custos elevados</p> <p>Necessita de abastecimento de água regular e em quantidade</p> <p>Necessita de limpezas regulares para remoção das lamas</p> <p>Necessita de pós-tratamento para efluente</p>
<b>Latrina de fossa impermeável</b>	<p>Não necessita de abastecimento de água no local</p> <p>Solução menos dispendiosa do que a fossa séptica</p>	<p>Necessita de ter abastecimento de água regular</p> <p>Mais cara do que as soluções de latrinas simples, ventiladas e de descarga de água</p> <p>Necessita de limpeza regular para remoção de lamas</p> <p>Necessita de pós-tratamento para efluente</p>

## 2.5. UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS PARA IRRIGAÇÃO

“Em muitas situações em vários países, a água residual é simplesmente demasiado valiosa para ser desperdiçada” (Fatta, D., *et al* (2003))

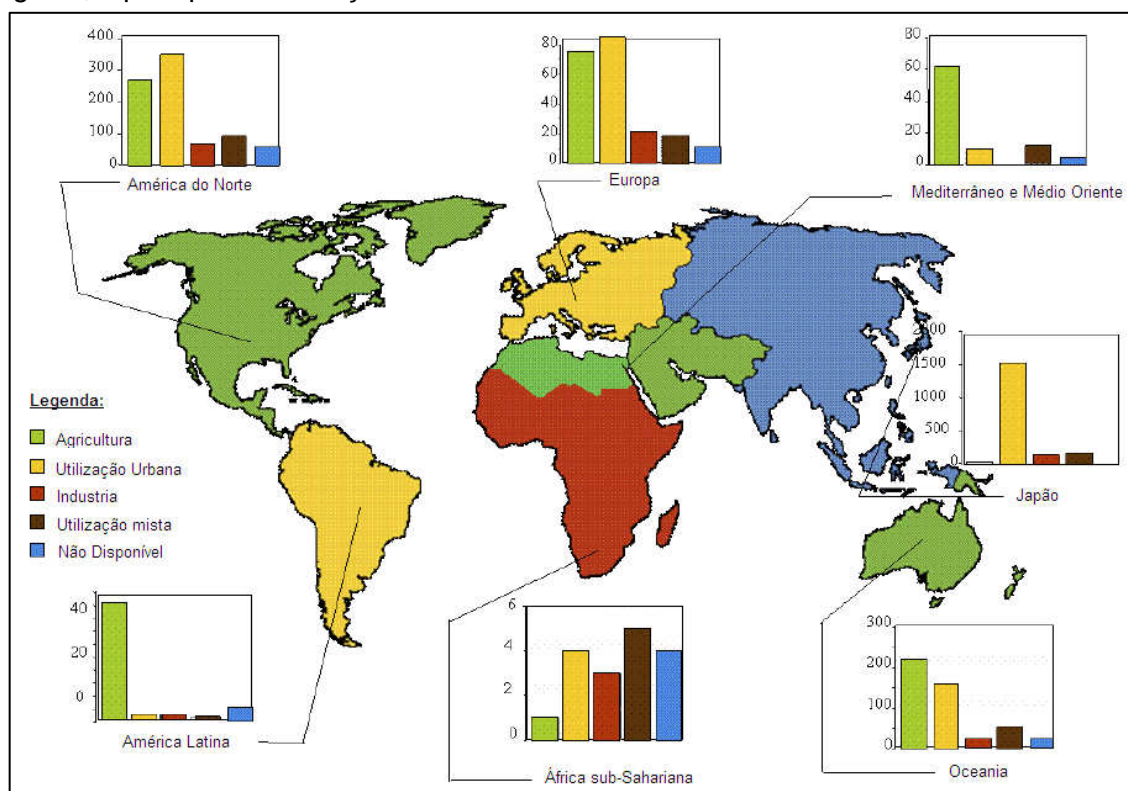
### 2.5.1. UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A utilização de águas residuais tem sido uma prática comum em todas as regiões do globo, sendo que os sectores onde os efluentes tratados são mais utilizados dependem das áreas de negócio mais desenvolvidas em cada região.

A utilização das águas residuais tratadas, subproduto dos sistemas de saneamento, contribui para o desenvolvimento da economia local e das populações.

De acordo com Bixio, *et al* (2006) foram identificadas mais de 3.300 instalações de tratamento de águas residuais para reutilização em todo o mundo. As actividades que utilizam mais este recurso podem agrupar-se em quatro categorias: 1 - Agricultura; 2 - Recarga de aquíferos, actividades urbanas, utilização para fins recreativos e ambientais; 3 - Processos industriais; 4 - Combinações das utilizações referidas.

Na figura 40 indicam-se o número de instalações de recuperação de água residual, por regiões, e por tipo de utilizações finais.



**Figura 40 – Número de sistemas de tratamento de água residual por tipo de utilização e por região (Fonte: Bixio, et al (2006))**

Neste mapa é possível verificar que as regiões da América Latina e da África Sub-Sahariana são as que têm menos sistemas de utilização de água residual tratada identificados. Estas duas regiões e a Ásia, à excepção do Japão, são as regiões onde se encontram a maior parte dos países em vias de desenvolvimento.

É de referir que, apesar de não existirem muitos sistemas de tratamento para produção de água residual tratada com vista à posterior reutilização nas regiões referenciadas, verifica-se a utilização de água residual bruta para diversos fins.

### 2.5.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

As características da água residual tratada dependem de três factores principais:

- Da qualidade da água de abastecimento antes da sua utilização;
- Da origem da água residual e dos processos que a produziram (origem humana, origem industrial, origem agro-pecuária);
- Dos sistemas de saneamento, desde a sua captação até ao seu tratamento, com especial enfoque para as eficiências de remoção dos diversos poluentes.

Dependendo destes factores as águas residuais podem apresentar diferentes composições, sendo que de acordo com as principais preocupações referidas na bibliografia os parâmetros a monitorizar e a controlar são:

- Salinidade;
- Nutrientes - principalmente azoto e potássio;
- Organismos patogénicos – principalmente coliformes fecais;
- Metais pesados – como o cobre ou o zinco.

Todos estes parâmetros têm sido avaliados exaustivamente nos sistemas de utilização da água residual tratada, principalmente na análise dos impactos que têm nas plantas, solos e populações.

É importante referir que o ponto mais importante na utilização de água residual na agricultura, é que a qualidade da água residual tratada e as técnicas de irrigação devem ser adequadas ao tipo de solo, clima da região e ao tipo de culturas agrícolas, e mesmo adequadas ao tipo de cultura alimentar do local.

Como valores de referência para alguns parâmetros de qualidade da água residual tratada a utilizar na agricultura, referem as orientações publicadas em Metcalf & Eddy (2003), apresentadas no quadro seguinte (quadro 6):

**Quadro 6 – Orientações sobre a qualidade da água para irrigação (Metcalf & Eddy, 2003)**

Parâmetros	Unidades	Grau de Restrição de Utilização		
		Nulo	Moderado	Elevado
<b>Condutividade</b>	mS/cm	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	mg/l	< 450	450 – 2.000	> 2.000
<b>Cloretos</b>				
Irrigação de superfície	mg/l	< 140	140 - 350	> 350
Irrigação gota a gota	mg/l	< 100	> 100	
<b>Sódio</b>				
Irrigação de superfície	mg/l	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação gota a gota	mg/l	< 70	> 70	
<b>Azoto</b>	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
<b>pH</b>		Entre 6,5 e 8,4		

### 2.5.3. ORIENTAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA NA AGRICULTURA

A utilização de água residual na agricultura é uma realidade actual em todas as regiões do mundo. Em alguns locais, principalmente em países em vias de desenvolvimento, estas são utilizadas em bruto, sem qualquer tipo de tratamento, mas a prática aconselhada, e que tem sido amplamente divulgada por organizações internacionais e organizações não governamentais, é a de que a água residual pode e deve ser utilizada na agricultura, mas tem de ser sujeita a tratamento adequado, para que os requisitos mínimos sejam cumpridos.

Estes requisitos mínimos têm vindo a ser definidos localmente através de Legislação e Regulamentos, e são aplicados a casos específicos de tipo de solo, método de irrigação, tipo de cultura e tipo de tratamento das águas residuais. As orientações e restrições exigidas em várias regiões são por vezes demasiado específicas da realidade local. Por seu lado as orientações da OMS são reconhecidas por todos os países e, apesar de estarem

constantemente a ser postas em causa por vários estudos, têm sido também as referências mais utilizadas e aceites a nível mundial.

De acordo com Bixio, *et al* (2006) as orientações existentes actualmente podem dividir-se em duas facções:

- Abordagem “mais vale prevenir que remediar” muito restritiva, tem como objectivo reduzir o risco ao máximo possível. O Regulamento Califórnia Título 22 é exemplo desta visão, sendo que países como Chipre, Itália, Israel e Austrália, adoptaram o mesmo tipo de abordagem. Este regulamento assenta nas eficiências de tratamento de cada sistema de tratamento, e indica quais as culturas agrícolas que podem ser irrigadas pelas diferentes águas tratadas.
- Abordagem menos restritiva, concebida para promover a reutilização de água residual tratada. Reconhece que os regulamentos devem ser realísticos e concretizáveis no contexto em que se enquadram. Como exemplo maior desta abordagem referem-se as orientações da OMS de 1989, que têm sido seguidas por vários países da região do Mediterrâneo. Estas orientações baseiam-se não no sistema de tratamento, mas na qualidade final das águas residuais tratadas.

## **Regulamento Califórnia Título 22**

Este regulamento define o tipo de tratamento de água residual que deverá ser utilizado, tendo em vista o objectivo de aplicação na agricultura. Assim para diferentes tipos de culturas agrícolas são indicados sistemas de tratamento considerados mais adequados.

De acordo com o exposto no Título 22 do Código de Regulamentos da Califórnia:

- Água residual tratada para irrigação de superfície das culturas referidas abaixo, deve ter sido sujeita a tratamento terciário por desinfecção. A filtração tem de fazer parte do processo e a coagulação apenas terá de ocorrer caso a turvação atinja valores considerados excessivos. A medição da turvação do afluente deve ser contínua, no caso da turvação do afluente ao sistema de filtração exceder os 5 NTU por mais de 15 minutos, o sistema de tratamento tem de estar preparado para activar automaticamente a adição de químicos coagulantes, e dar início ao processo de coagulação química. A irrigação com a água resultante destes tratamentos deve ser irrigação superficial, e os locais em que pode ser aplicada são:
  - Culturas para alimentação das populações, incluindo aquelas em que a água tratada entra em contacto com os alimentos

- Jardins e parques públicos
  - Zonas verdes de escolas
  - Zonas verdes de áreas habitacionais
  - Campos de golfe
- A água residual tratada com sistema de tratamento secundário e desinfecção, pode ser utilizada em todo o tipo de irrigação de superfície para culturas de produção de alimentos, desde que as mesmas não entrem em contacto directo com a água tratada, nem com o solo
  - Água residual tratada num sistema de tratamento secundário e desinfecção pode ser utilizada na irrigação de:
    - Cemitérios
    - Campos abertos
    - Campos de golfe de acesso restrito
    - Viveiros de plantas ornamentais com acesso restrito ao público
    - Pastagens para animais produtores de leite para consumo humano
  - Água residual tratada num sistema de tratamento secundário, sem desinfecção pode ser utilizada para irrigação de:
    - Pomares, desde que a água residual não entre em contacto com os frutos
    - Vinhas, desde que a água residual não entre em contacto com as uvas
    - Árvores decorativas
    - Cultura de forragens e pastagens para animais que não produzam leite para consumo humano
    - Culturas cerealíferas que não sejam de consumo humano
    - Culturas de outros alimentos para consumo humano desde que sejam sujeitos a processamento que promova a destruição dos organismos patogénicos, antes do consumo

## Orientações da OMS

As normas da OMS resultaram de um estudo realizado nos anos 80, que contou com a parceria do Banco Mundial e do Centro Internacional para a Deposição de Resíduos. O estudo foi desenvolvido devido à constatação das múltiplas utilizações de água residual em diversos estádios de tratamento, e das consequências para a Saúde Pública. Como resultado do estudo verificou-se que os principais riscos para a saúde eram: transmissão de infecções por nemátodos intestinais, tanto nas pessoas que trabalhavam nos campos irrigados com água residual, como no consumidores dos produtos dessas culturas; e também a transmissão de doenças relacionadas com bactérias fecais (que provocam diarreia, cólera, disenteria, tifo) nos consumidores de produtos agrícolas.

As normas emitidas pela OMS (quadro 7) indicam os parâmetros microbiológicos de qualidade a verificar nas águas residuais tratadas utilizadas na agricultura:

**Quadro 7 – Normas OMS para aplicação de água residual tratada na agricultura**

(Fonte: OMS, 1996)

<b>Categoria</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Condições para reutilização de água residual tratada	Irrigação de culturas que serão consumidas cruas Irrigação de espaços públicos (jardins, campos de jogos)	Irrigação de culturas cerealíferas, culturas para uso industrial, forragens para animais, pastos e árvores <b>(3)</b>	Irrigação gota a gota de culturas referidas na categoria B, se não houver exposição dos trabalhadores e do público
Grupo de risco	Trabalhadores, consumidores e população local	Trabalhadores	Nenhum
<b>Valores Limite</b>			
Nemátodos intestinais (ovos/litro) <b>(1)</b>	≤ 1	≤ 1	Não aplicável
Coliformes fecais (nº/100ml) <b>(1)</b>	≤ 1000 <b>(2)</b>	Não existe valor recomendado	Não aplicável
Tratamento de água residual que deverão cumprir com os limites	Conjunto de lagoas de estabilização projectadas para alcançar os valores referidos, ou sistemas de tratamento equivalentes	Retenção em lagoas de estabilização pelo período de 8 a 10 dias, ou remoção equivalente de helmintes e coliformes fecais	Pré-tratamento de acordo com as exigência do sistema de irrigação, mas nunca menos do que uma decantação primária

**(1)** – durante o período de irrigação

**(2)** – um valor mais exigente de ≤ 200 coliformes fecais por 100 ml, deverá ser utilizado para relvados de espaços públicos, onde os utilizadores entrem em contracto directo com o piso

**(3)** – no caso de árvores de fruto a irrigação com água residual tratada deverá cessar duas semanas antes da colheita, nenhum fruto deverá ser apanhado do chão, e a irrigação por aspersão não deverá ser utilizada



## **Técnicas de Irrigação**

Qualquer que seja a norma de qualidade de água residual seguida para a sua reutilização, a forma como se procede à irrigação das culturas tem também muita influência na protecção ou contaminação dos alimentos.

Para a irrigação com água residual tratada, as técnicas utilizadas devem reduzir ao máximo o contacto da água residual com os alimentos. Assim as técnicas de irrigação deverão ter sempre em conta o posicionamento dos alimentos em relação ao solo, e à fonte de água de rega.

A título de exemplo são referidas algumas das técnicas de irrigação e as suas recomendações para a utilização de água residual tratada:

- Irrigação por aspersão – deverá apenas ser utilizadas para culturas que não entrem directamente na cadeia alimentar humana: forragens e pastos para animais não produtores de leite para consumo humano, árvores ornamentais desde que a irrigação cesse cerca de 2 semanas antes da comercialização, irrigação de terrenos livres longe das populações;
- Irrigação por sulcos, irrigação por alagamento e irrigação de superfície – deverão ser utilizadas em culturas cujos alimentos a consumir não estejam em contacto com a água ou com o solo. Podem ser utilizadas em alimentos a consumir crus ou cozinhados, desde que se mantenha esta distância, por exemplo em: árvores de fruto, vinhas, culturas afastadas do solo (tomates, pimentos, couves, culturas cerealíferas, ervilhas, feijões, entre outras)
- Irrigação gota a gota – deverá ser utilizada em culturas em contacto com o solo, e em que este funcione como um agente depurativo adicional, como por exemplo: tubérculos, alfaces, morangos, entre outros.

### 2.5.4. IMPACTOS DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA IRRIGAÇÃO

## **Riscos de Utilização**

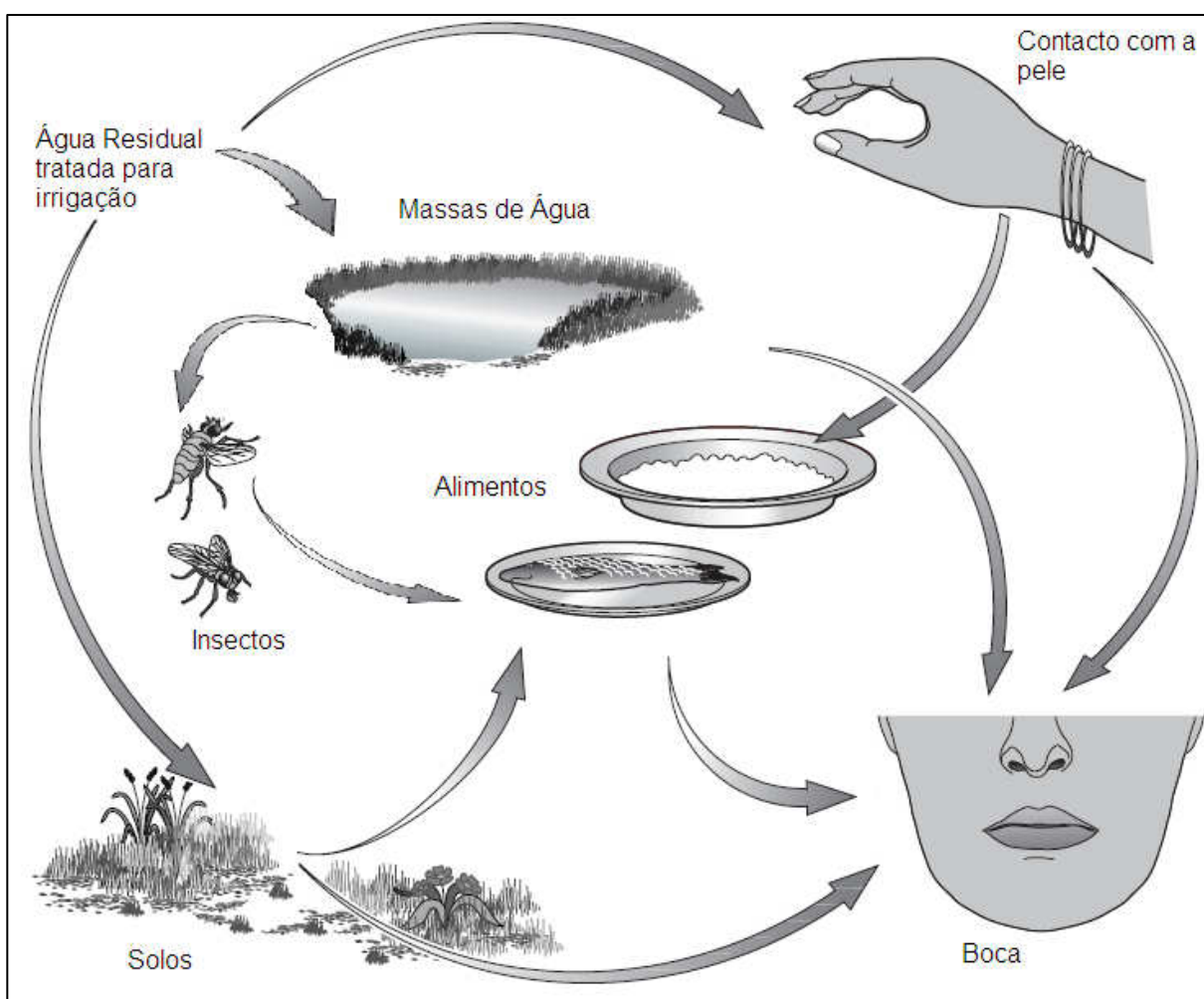
Os principais riscos para a utilização da água residual na agricultura são:

- Presença de organismos patogénicos
- Contaminação do solo e dos aquíferos

- Contaminação dos produtos agrícolas
- Contaminação dos agricultores, dos consumidores e das populações em geral

### Riscos para a Saúde Pública

Os principais riscos para a saúde pública, evidenciados na figura 41, prendem-se com a contaminação por organismos patogénicos que podem estar presentes em águas residuais tratadas, e que através de contacto directo, ou indirecto (solo, alimentos, vectores de transmissão de doenças), podem contaminar as populações. Os grupos mais susceptíveis de contaminação são os agricultores e trabalhadores das explorações agrícolas, em menor escala são também susceptíveis os consumidores dos produtos agrícolas, e finalmente, a população local pode também ser contaminada por via mais indirecta.



**Figura 41 – Esquema do ciclo de contaminação humana por organismos patogénicos existentes na água residual tratada (Adaptado de: Rottier, Ince (2003))**

## **Riscos para o solo**

O solo funciona como depurador natural na aplicação de água residual tratada através da irrigação. A sua estrutura permite a retenção de nutrientes e humidade e a eliminação de poluentes. No entanto a estrutura pode ser danificada quando elevadas concentrações de sódio são aplicadas no solo pela irrigação. O sódio presente em algumas águas residuais tratadas, ao atingir o solo provoca a sua desagregação, tornando-o impermeável à água.

As técnicas de irrigação por alagamento podem também prejudicar a estrutura do solo, que dependendo do tipo de solos pode perder as suas propriedades naturais de arejamento e de permeabilização.

As elevadas concentrações de metais pesados que por vezes se verificam nas águas residuais tratadas, têm tendência para se acumular no solo. Se a taxa de acumulação for superior à capacidade de arraste para níveis mais profundos, ou mesmo para lençóis freáticos, o solo pode tornar-se tóxico para algumas plantas que aí se pretendam cultivar. Os metais pesados mais habitualmente encontrados nas águas residuais em elevadas concentrações são: cobre, zinco, níquel e cádmio.

## **Riscos para as massas de água**

O boro que por vezes existe em águas residuais, não é removido nos sistemas de tratamento convencionais. Como tal é introduzido no solo aquando da irrigação, não ficando retido, pois é de elevada mobilidade, e sendo arrastado para as massas de água subterrâneas onde se reintroduz no ciclo da água.

As elevadas concentração de nutrientes, nomeadamente azoto e potássio, em algumas águas residuais, podem contaminar as massas de água superficiais e subterrâneas nas proximidades dos locais de irrigação. Estes nutrientes ao chegarem às massas de água superficiais, promovem o desenvolvimento de algas e outros microrganismos que os utilizam como alimento. Este processo em ritmo acelerado aumenta a turvação das massas de água por acumulação de algas, promove o desenvolvimento de condições anóxicas nos fundos, atingindo-se assim o estágio de eutrofização. Com o desencadear deste processo surgem plantas aquáticas de superfície, como os jacintos de água, que reduzem ainda mais o arejamento das massas de água em profundidade, mantendo-se assim as condições de anóxia.

Um outro factor de risco é a contaminação das massas de água doce com organismos patogénicos que podem advir das águas residuais tratadas (que não tenham conseguido eliminar todos os organismos). Esta contaminação por agentes patogénicos pode levar à contaminação dos consumidores e utilizadores de água a jusante, quer através do consumo

directo de água, quer através de vectores de transmissão, como mosquitos e outros insectos.

### **Riscos para as Culturas**

O elevado teor em sais nas águas residuais (resultante dos processos de tratamento e de elevados níveis de evaporação) é considerado um dos principais factores limitativos do crescimento e desenvolvimento das plantas. A produção pode reduzir drasticamente na irrigação com água com elevado teor em sais, quando comparada com água com teores normais de salinidade (base de referência a água doce). De acordo com o estudo apresentado por Ammary (2006), a produtividade das culturas pode ficar reduzida a valores como: redução para 50 a 60% da produção - maçã, pêssago, banana, feijão, cebolas; redução para 75% da produção – laranja, cenoura, alface, batata, melão, rabanete e pimenta; e redução para apenas 15% da produção para o caso dos morangos.

Elevadas concentrações de sódio e cloretos, especialmente em condições de humidade reduzida e elevadas taxas de evaporação, provocam queimaduras nas folhas das plantas, dificultando a fotossíntese, principalmente em árvores de fruto.

### **Benefícios da Utilização**

A utilização de água residual tratada para a agricultura traz muitos benefícios em diversas perspectivas. Assim apresentam-se os pontos fortes desta prática nas áreas económica, ambiental, técnica agrícola e social.

#### **Benefícios Técnicos**

Em termos técnicos a reutilização de água tratada para irrigação permite que se utilizem sistemas de tratamento menos dispendiosos e menos eficientes, principalmente no que se refere à remoção de nutrientes, do que para outras utilizações, pois o poder depurativo dos solos e plantas permite alcançar os níveis de tratamento finais necessários. Para além disto a água residual tratada deverá ter ainda alguns nutrientes na sua composição nomeadamente azoto e fósforo, essenciais para o desenvolvimento das plantas.

#### **Benefícios Ambientais**

O tratamento de água residual e a sua reutilização na agricultura tem vantagens claras para o ambiente, ao reduzir a carga poluente dos efluente descarregados no meio ambiente. Os diversos sistemas de tratamento de alta eficiência tratam de forma adequada as águas

residuais, reduzindo a carga poluente, os nutrientes, as toxinas e reduzindo ou eliminando os microrganismos patogénicos. A posterior utilização de água residual na agricultura permite que também o solo com as suas capacidades depurativas e as plantas, melhorem ainda mais a qualidade da água residual tratada. Depois destes processos a água desloca-se por sucessivas camadas de solo e reabastece as massas de água subterrânea, tendo reduzido ou mesmo eliminado o risco de contaminação.

Um dos benefícios mais importantes para o ambiente é também a diminuição da procura de água doce proveniente da exploração de outras fontes de água para irrigação, o que significa que se trava a sobreexploração dos recursos hídricos nos locais onde a reutilização é prática corrente. Esta redução no consumo permite que os cursos de água prossigam o seu percurso natural para jusante, abastecendo de água regiões que são igualmente necessitadas. Os recursos como água dos rios e águas subterrâneas são muitas vezes, e cada vez mais, explorados à exaustão, sendo a agricultura o principal consumidor de água destas fontes em países em vias de desenvolvimento, a reutilização de água para irrigação revela-se, mais do que uma opção, uma necessidade, principalmente em regiões que sofrem de escassez de água.

A combinação destes dois factores (redução da poluição de massas de água e redução da exploração de água doce), permite melhorar a qualidade da água existente nos rios, lagos e lençóis freáticos, através de: redução do impacto negativo, manutenção dos cursos naturais dos rios, redução dos impactos negativos na fauna e flora destas massas de água, melhoria da qualidade da água em toda a massa de água e consequente redução dos custos de tratamento das águas doces para os utilizadores que se localizem mais a jusante dos sistemas.

A recarga dos aquíferos subterrâneos com água residual tratada, de forma directa ou indirecta (agricultura), reduz o risco de intrusão salina destas águas, reduzindo assim o teor em sais nestas massas de água.

A utilização de água residual em detrimento da sua descarga em massas de água doce e no mar, promove a melhoria da qualidade das águas balneares e costeiras.

## **Benefícios Sociais**

O principal benefício social é a melhoria clara da saúde pública das populações devido à melhoria das condições de saneamento que são criadas nos sistemas de utilização de água residual tratada. O tratamento das águas residuais em vez da sua descarga no meio ambiente reduz o risco de propagação de doenças como a cólera, tifoide e diarreia, associadas a águas contaminadas.

Tal como já foi referido a reutilização de água residual tratada na agricultura, permite a produção de alimentos, por vezes escassos, dependentes da água, e que enriquecem a alimentação dos produtores e dos consumidores locais. Ao melhorar a produção, melhora-se também a alimentação.

Para além disso, a sustentabilidade económica da agricultura com água residual tratada permite que se estabeleça um equilíbrio económico nas famílias produtoras, tornando possível o acesso destas a outros benefícios indirectos como acesso a cuidados de saúde e educação.

O facto de a água residual tratada ser utilizada na agricultura, e desta forma se aumentar o tratamento por depuração no solo, evita a contaminação da água dos rios e das águas subterrâneas. Para as populações que se encontrem a jusante destes locais a qualidade da água de que dispõem, será de melhor qualidade do que se houvesse descarga directa dos efluentes não tratados para as massas de água.

Ainda como benefício refere-se que em África e na Ásia, cerca de 50% dos vegetais que abastecem os mercados urbanos, são provenientes de campos agrícolas que utilizam água residual para irrigação. Este facto revela-se ainda de maior importância nas regiões áridas e semi-áridas, cuja entrada de vegetais desta proveniência significa que se está também a fazer uma reposição de água no sistema, água contida nos alimentos. Cada vez mais as questões relacionadas com a distribuição e escassez de água contabilizam, não só a água disponível nas massas de água e na precipitação anual de cada região, mas também água comercializada através dos alimentos.

Um dos benefícios dos sistemas de utilização de água residual na agricultura é a criação de postos de trabalho nos sistemas de saneamento, e de forma indirecta a criação de postos de trabalho nos campos agrícolas que vêm as suas produções aumentadas com esta utilização.

### **Benefícios Agrícolas**

No caso dos sistemas de saneamento descentralizados a utilização de águas residuais produzidas e tratadas localmente, na irrigação de campos agrícolas tem também vantagens económicas, pois os custos de transporte de água para irrigação são muito reduzidos.

A utilização de água residual tratada na agricultura traz vantagens também ao nível da produção. Geralmente as águas residuais, mesmo tratadas, têm uma elevada concentração de nutrientes, nomeadamente azoto e potássio, que são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. A aplicação destas águas em solos pobres, ou pouco férteis, promove o desenvolvimento das culturas e o aumento da sua rentabilidade económica

aquando da venda. Por outro lado permite que sejam aplicados menos fertilizantes externos, reduzindo assim o peso destes custos nas actividades agrícolas.

Nas regiões áridas e semi-áridas a utilização de água residual tratada traz um benefício imenso, principalmente nos períodos de seca. As águas residuais são uma fonte constante em termos de quantidade e qualidade de água, permitindo o cultivo durante todo o ano, e de diferentes culturas, em virtualmente todas as regiões do mundo. Esta utilização promove o aumento da quantidade e variedade da produção agrícola.

Durante os períodos de seca a utilização de depósitos de armazenamento de água para irrigação já não se torna uma necessidade tão premente, pois a água residual tratada é de fornecimento constante ao longo do ano.

### **Benefícios Económicos**

A utilização de água residual na agricultura traz benefícios económicos para os agricultores, promovendo a sustentabilidade deste sector. Geralmente os custos de tratamento de água residual para utilização na agricultura são mais baixos do que os custos de tratamento de água para abastecimento e consumo humano, ainda muitas vezes utilizada para irrigação.

Redução dos custos de armazenamento de águas residuais para fazer face aos períodos de seca.

Redução dos custos de tratamento, principalmente no que diz respeito à remoção de nutrientes.

Redução de transporte de água doce para irrigação de locais distantes, por utilização de águas residuais, principalmente em sistemas de saneamento descentralizados.

### **Maximização dos Benefícios e Minimização dos Riscos**

De acordo com Scott, *et al* (2003) as opções de gestão destes sistemas que podem aumentar os benefícios e diminuir os riscos são, genericamente:

- Selecção das culturas e das melhores técnicas de irrigação
- Utilização de medidas e equipamentos de protecção para reduzir exposição dos trabalhadores
- Promoção de campanhas de cuidados médicos preventivos
- Lavar os vegetais e melhorar as condições de armazenamento
- Instalação de sistemas de tratamento de baixo custo na origem da água residual

- Formação dos agricultores e informação da população consumidora e das autoridades
- Desenvolver programas de monitorização de parâmetros-chave ambientais, de saúde e segurança alimentar



## 2.6. GESTÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO E DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL

### Gestão dos Sistemas de Saneamento

#### Pontos-chave

De acordo com Cotton, *et al* (1995) os pontos-chave a ter em conta na gestão dos sistemas de saneamento são:

- A responsabilidade da construção, operação e manutenção dos sistemas é partilhada pelos gestores do sistema, bem como pela população servida;
- A cobertura da população servida com sistemas de saneamento está a aumentar, sendo que a proporção de sistemas descentralizados tem cada vez mais peso;
- Os governos devem criar legislação e regulamentos que assegurem o bom uso e gestão dos sistemas;
- A adopção de sistemas mistos de saneamento (sistemas centralizados e descentralizados, e com vários tipos de tratamento) pode em muitos casos reduzir os custos do sistema;
- Os custos totais por agregado familiar devem incluir os custos de investimento, operação e manutenção, e servem como indicador de sustentabilidade do sistema;
- A disponibilidade para pagar os custos do sistema dependem de: receitas do agregado, propriedade da habitação e das latrinas/instalações sanitárias, existência de rede de abastecimento de água potável, existência de taxas de saneamento, e nível de satisfação com os serviços de saneamento;
- Infra-estruturas comunitárias de saneamento que servem grupos restritos, geralmente são operadas com muito sucesso, ao contrário de infra-estruturas de acesso geral, cujo comprometimento de operação e manutenção se dilui na população servida

#### Dificuldades de Gestão de Sistemas de Saneamento

No relatório da OMS e Unicef sobre abastecimento de água e saneamento básico as principais condicionantes que afectam a implementação e gestão deste tipo de infra-estruturas e sistemas são:

- Dificuldades financeiras;
- Problemas ao nível das instituições;

- Falta de formação dos recursos humanos;
- Falhas na coordenação do sector;
- Falta de comprometimento político;
- Baixo nível de envolvimento e comprometimento da população;
- Falhas de manutenção e operação dos sistemas;
- Inexistência ou falhas de formação em higiene e saúde pública;
- Má qualidade da água de abastecimento;
- Comunicação e informação insuficientes.

Um dos principais problemas da gestão de sistemas de saneamento é a sustentabilidade económica. As receitas provenientes das taxas de saneamento cobradas, raramente cobrem os custos de gestão dos sistemas de saneamento, e isto deve-se a vários factores:

- Oposição política ao aumento dos impostos e à cobrança de tarifas de saneamento e abastecimento adequadas;
- Deficiências regulamentares que não permitam efectuar mudanças;
- Procedimentos ineficientes de pagamento e cobrança das taxas aplicadas;
- Atraso e falta de pagamentos;
- Falta de comprometimento geral da população perante o sistema de saneamento.

## **Sistemas de Utilização de Água Residual Tratada na Agricultura**

Miller (2005), refere que a aposta no desenvolvimento dos sistemas de utilização de água tratada na agricultura, tem sido crescente em todo o mundo. Apesar das diferentes formas de desenvolver este potencial, os países e regiões deparam-se com desafios e obstáculos idênticos. Desta análise resultaram um conjunto de factores-chave de sucesso dos sistemas de utilização de água residual tratada na agricultura:

- Definição adequada de objectivos dos projectos de irrigação com água residual tratada;
- Comprometimento das populações face ao sistema e compreensão dos benefícios e riscos decorrentes do mesmo;

- Existência de orientações, regulamentos e normas de utilização da água residual tratada na agricultura;
- Custo da água residual tratada – não pode ser demasiado cara nem demasiado barata;
- Tecnologias de tratamento devem ser adequadas ao tipo de aplicação desejada;
- Análise económica do sistema de utilização de água tratada na agricultura – nesta análise deverão ser tidos em conta os custos e benefícios sociais e económicos destes sistemas, bem como os benefícios não monetários decorrentes da protecção do ambiente;
- Eficiência de remoção de carga poluente;
- Desenvolvimento de pesquisas mais específicas e orientadas para esta temática.

## **Análise Económica dos Sistemas de Saneamento**

### **Sistemas de Saneamento**

#### Sistemas de Saneamento Centralizados

Estes sistemas têm geralmente custos elevados de investimento inicial devido às infra-estruturas de colecta de efluentes (redes de colectores) e de tratamento, que incorporam muitas vezes tecnologia cara, mas com elevada eficiência de tratamento. Para além disso estes sistemas têm geralmente muito equipamento que necessita de manutenção regular e de uma operação cuidada, pelo que os custos associados a estes factores são também muito elevados.

De acordo com Mara (1996) um estudo realizado pelo Banco Mundial em oito grandes cidades de regiões em vias de desenvolvimento (localizadas na Ásia, África e América Latina), revelou que os custos de saneamento com base nas redes de colectores de águas residuais se situavam em valores limitativos para a maioria dos agregados familiares aí residentes. Verificou-se que em relação aos custos de investimento iniciais (entre 600 e 4.000 dólares), os custos anuais de manutenção e operação destes sistemas (150 a 650 dólares) são cerca de 17% por ano. Mesmo considerando valores de 1980, estes custos são demasiado elevados para a maioria das famílias servidas por estes sistemas.

Referindo-se ainda Mara (1996) a outro estudo do Banco Mundial, os diferentes sistemas centralizados apresentam a seguinte variação de custos de investimento (quadro 8):

**Quadro 8 – Custos de Investimento estimados para sistemas de saneamento centralizados**  
(Adaptado de Mara, 1996)

Tipo de Rede	Custos de Investimento
Rede de Esgotos Decantados	35 a 85 dólares por pessoa
Rede de Esgotos Simplificada	170 a 240 dólares por pessoa
Rede Convencional	240 a 390 dólares por pessoa

### Sistemas Descentralizados

Por seu lado os sistemas de saneamento descentralizados, com tratamento de água residual no local de produção, têm custos reduzidos de construção, operação e manutenção.

Muitos dos sistemas de saneamento com tratamento no local de produção, são fáceis de construir, requerem a utilização de poucos materiais, que podem ser adquiridos no mercado local, potenciando assim o desenvolvimento da mão-de-obra e da economia associada a este tipo de construção. Neste tipo de sistemas a operação e manutenção são muitas vezes da responsabilidade da população servida, pelo que também aqui os custos serão mais reduzidos.

De acordo com dados apresentados por Cotton, *et al* (1996), não é razoável que se comparem custos dos sistemas de saneamento descentralizados entre países e/ou regiões, devido às diferenças de economia local que se verificam. No entanto para ter uma ideia da relação de custos que existe entre os diferentes sistemas de saneamento descentralizados, com tratamento no local de produção, foram construídas diferentes infra-estruturas em campos de refugiados no Bangladesh. Foi possível obter custos comparativos para as várias infra-estruturas, tendo como referência uma latrina simples, com o poço construído com anéis de cimento e com chão de bambu:

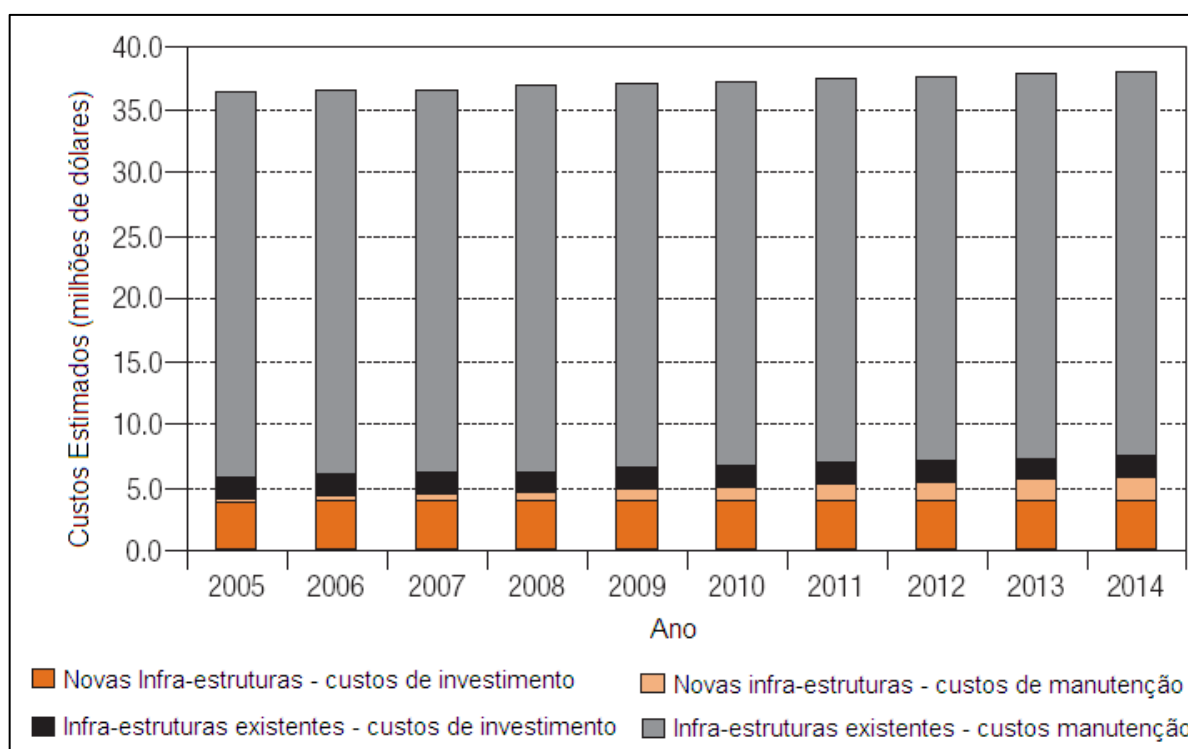
- Latrina de fossa 1.00
- Latrina de fossa com ventilação (VIP) 1.28
- Latrina de fossa impermeabilizada 1.39
- Latrina de decantação para 2 famílias 1.48
- Latrina de decantação para 5 famílias 1.61
- Latrina de compostagem com 2 fossas 3.14

## Custos Globais para Alcançar a Meta 10 dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio

Quanto aos custos totais necessários para alcançar as metas impostas pelos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio, vários estudos apontam para valores muito diferentes, revelando-se uma grande dificuldade de apuramento destes custos.

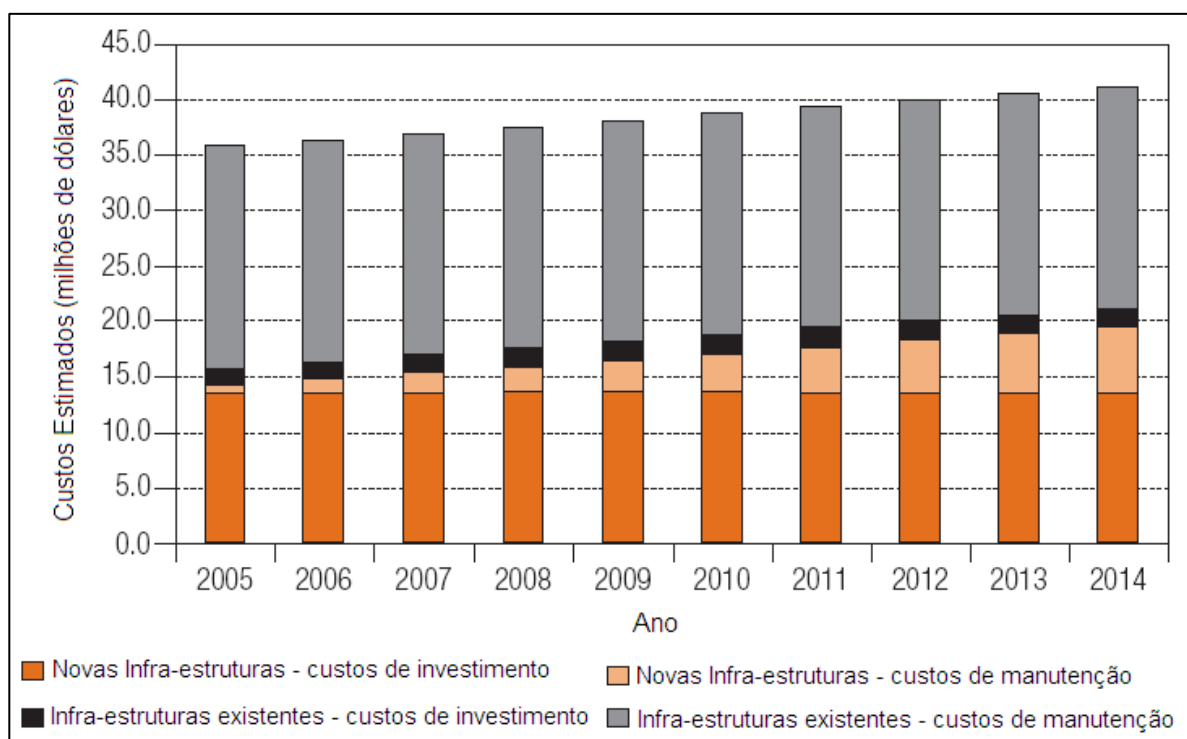
De acordo com Hutton, Bartram (2007) a contabilização destes custos a um nível global, deve incluir não só os investimentos em novas infra-estruturas, mas também os custos de operação e manutenção de todas as infra-estruturas novas e existentes. O estudo realizado prevê que, para se alcançarem as metas em termos de abastecimento de água e de sistemas de saneamento em países em vias de desenvolvimento os custos globais serão os que se apresentam nas figuras 42 e 43, respectivamente.

### Abastecimento de Água



**Figura 42 – Custos estimados para alcançar a meta 10 dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio para o Abastecimento de Água** (Adaptado de: Hutton, Bartram (2007))

## Sistemas de Saneamento



**Figura 43 - Custos estimados para alcançar a meta 10 dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio para Sistemas de Saneamento** (Adaptado de: Hutton, Bartram (2007))

## **2.7. SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO E DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA**

### **2.7.1. SUSTENTABILIDADE**

A sustentabilidade dos sistemas de saneamento, particularmente nos países em vias de desenvolvimento, baseia-se na adequação do sistema às condições específicas e aos recursos económicos da comunidade servida.

Um sistema de saneamento, para ser considerado sustentável, tem de ser visto como um todo, incluindo os beneficiários, as infra-estruturas de recolha, transporte e tratamento das águas residuais, os equipamentos e equipas afectas à gestão do sistema, a água residual em si, e o meio receptor da mesma. Nos sistemas em que a água residual tratada é utilizada na agricultura, o sistema deverá incluir também os agricultores, as culturas, o solo, e os consumidores finais dos produtos produzidos.

Os principais factores que contribuem para a sustentabilidade dos sistemas de saneamento e para os sistemas de utilização da água tratada são:

- Redução do consumo de água de abastecimento;
- Descentralização dos sistemas de saneamento, adaptados às necessidades das populações e exigências do meio;
- Sistemas de tratamento adaptados às características específicas do meio, às características das águas residuais e à reutilização do efluente tratado;
- Custos de investimento, operação e manutenção reduzidos, e adequados ao nível económico da população servida;
- Reutilização de águas residuais tratadas para actividades ligadas ao desenvolvimento local, nomeadamente agricultura;
- Melhoria da qualidade do meio envolvente por redução de contaminação de solos e massas de água;
- Melhoraria das condições de higiene e da saúde pública das populações da região;
- Participação pública da população servida em todas as fases dos sistemas, desde o planeamento até à sua operação e manutenção;
- Comprometimento político ao nível central e local;
- Integração sectorial na coordenação, colaboração e cooperação;
- Adequada estrutura institucional;



- Desenvolvimento de competências para todos os operadores dos sistemas;
- Aumento da produção de alimentos nos campos agrícolas;
- Aumento da rendibilidade das actividades agrícolas;
- Crescimento económico das populações servidas por estes sistemas.

Em termos económicos os sistemas de saneamento só poderão ser considerados sustentáveis se, a longo prazo, houver recuperação dos custos do sistema, incluindo investimento, operação e manutenção. No caso dos países em vias de desenvolvimento, a recuperação destes custos pela aplicação de tarifas ou taxas de saneamento é algo limitada. O sistema de recuperação dos custos resultam muitas vezes de sistemas mistos, que incluem a cobrança de taxas variáveis consoante os rendimentos dos agregados familiares, a venda da água residual tratada, receitas de subsídios externos, e muitas vezes os projectos para construção e manutenção destes sistemas são financiados a fundo perdido por organizações internacionais, ou autoridades locais.

Mas para além da perspectiva económica estes sistemas são considerados sustentáveis quando:

- Promovem e protegem a população em termos de saúde pública;
- Contribuem para a protecção e melhoria do meio ambiente;
- São tecnicamente viáveis;
- São economicamente viáveis;
- São aceites pela comunidade.

### 2.7.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade dos sistemas de tratamento e de utilização da água residual para irrigação na agricultura (ou para outros fins), devem ser definidos de acordo com as tecnologias aplicadas no local e de acordo com a estrutura de gestão destes sistemas.

Assim para um sistema que inclua a produção e abastecimento de água para consumo humano, a recolha, transporte e tratamento de águas residuais, e a posterior utilização das mesmas para aplicação na agricultura, o quadro de indicadores poderá ser algo como o quadro 9, apresentado de seguida. Muitos dos indicadores aqui apresentados foram referidos por vários autores na bibliografia consultada. Outros indicadores foram adaptados do caso de estudo que será apresentado no ponto seguinte – Mindelo, Cabo Verde.

**Quadro 9 – Quadro de Indicadores para Sistemas integrados de Abastecimento, Saneamento e Utilização de Água Residual Tratada para a Agricultura - Abastecimento e Saneamento**

Sistemas	Análise	Indicador	Unidades
Abastecimento de água	Quantitativa	Percentagem de população servida	%
		Capitação	m <sup>3</sup> /hab.dia
		Perdas de água na rede	%
	Qualitativa	Eficiência de tratamento da água de abastecimento	% de remoção
		Coliformes na água de abastecimento	Número/100 ml
	Económica	Custos de tratamento e abastecimento	Un. Monetárias / m <sup>3</sup> Un. Monetárias / hab
		Proveitos da venda de água de abastecimento	
		Proveitos de gestão do sistema de tratamento	
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	%
Saneamento	Quantitativa da Rede de saneamento	Produção de água residual (Capitação)	m <sup>3</sup> /hab.dia
		Cobertura do sistema de saneamento	% de população servida
		Cobertura do sistema face ao abastecimento	População com abastecimento / População com saneamento
		Perdas ou infiltrações	%
	Quantitativa do sistema de tratamento	Perdas ou infiltrações	%
		Carga orgânica	Kg CQO/m <sup>3</sup> /dia
		Utilização de químicos e reagentes	Kg produto / kg de poluente removido (SST)
		Consumo de energia	Kw/ kg de CQO removido
	Qualitativa	Eficiência de tratamento	% de remoção
	Económica	Custos de tratamento	Un. monetária / m <sup>3</sup> Un. monetária / hab
		Proveitos da venda de água residual tratada	
		Proveitos de gestão do sistema (taxa de saneamento)	
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	

**Quadro 10 - Quadro de Indicadores para Sistemas integrados de Abastecimento, Saneamento e Utilização de Água Residual Tratada para a Agricultura – Irrigação de campos agrícolas**

Sistemas	Análise	Indicador	Unidades
Utilização de Água Residual Tratada para a Agricultura	Quantitativa	Consumo de água residual tratada (capitação)	m <sup>3</sup> /ha.dia
		Consumo vs produção	% de água residual tratada consumida
	Qualitativa	Qualidade da água utilizada	Nº coliformes fecais /100 ml Nº de ovos de parasitas
		Cumprimento das normas OMS	
	Económica	Custo da água residual tratada	Un. monetária / m <sup>3</sup>
		Custo água utilizada / custos totais produção	%
		Proveitos da venda de produtos agrícolas	Un. Monetárias / m <sup>3</sup>
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	%

### 3. METODOLOGIA

A metodologia seguida na realização da tese foi suportada por um conjunto diversificado de técnicas e actividades, seleccionadas e aplicadas/realizadas conforme o objectivo e a fase de trabalho, e que a seguir se apresentam:

#### Revisão Bibliográfica

Com a preocupação de enquadrar devidamente a temática da tese, foi realizada pesquisa bibliográfica orientada para a caracterização dos sistemas de saneamento e sua sustentabilidade, em países em vias de desenvolvimento, principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

#### Recolha de Dados e Informação relativos ao sistema de tratamento de águas residuais (caso de estudo)

- [Pesquisa Documental](#) de bibliografia técnica, de estudos académicos sobre a ETAR do Mindelo, de documentos de registo e de trabalho dos serviços da CMSV (Câmara Municipal de S. Vicente) e de dados de informação geográfica relativa à implantação do sistema de saneamento na cidade do Mindelo.
- [Entrevistas individuais com informadores-chave](#) dos serviços da CMSV e da DR-MAAP (Direcção Regional do Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas), orientadas mediante guiões preparados previamente (ver anexo III), para a recolha de informações específicas não documentadas relativas a características, funcionamento e operação no sistema de saneamento.
- [Observação “in situ”](#) previamente organizada e seguindo um guião pré elaborado (ver anexos IV e V), para obtenção de elementos relativos ao estado de conservação de equipamento e infra-estruturas, às condições de operação e de funcionamento, e aos procedimentos e serviços habituais do sistema de saneamento.
- [Amostragem para determinação da qualidade da água da ETAR](#)

Com vista à obtenção de dados relativos à qualidade da água residual tratada, e à definição da eficiência de tratamento da ETAR, para concretizar o estudo sobre a utilização futura da água residual tratada no projecto PARI (Projecto de Reutilização de Águas Residuais para Irrigação), foi realizada uma campanha de amostragem e análise da qualidade da água em vários pontos da ETAR. A metodologia de definição de pontos de amostragem, de colheita de amostras e a identificação dos métodos de análise para cada parâmetro são

apresentados no ponto 6.2.2. Qualidade da Água Residual na ETAR – Campanha de Caracterização da Electra – Metodologia.

### **Traçado da rede de saneamento sobre o mapa digital da cidade**

Com base nos dados e registos de informação geográfica foram representadas em *Autocad* (programa de desenho e projecto) a localização e traçados das infra-estruturas da rede de saneamento, bem como as áreas de cobertura da rede face às estruturas e limites da cidade do Mindelo.

### **Avaliação Técnica e de Sustentabilidade do Sistema de Saneamento**

A informação compilada permitiu progredir no sentido da avaliação do sistema a vários níveis, nomeadamente, balanço hídrico do sistema de saneamento, avaliação da eficiência do tratamento da ETAR, avaliação técnica das infra-estruturas no que respeita à sua implantação e estado de conservação. Foi ainda avaliado o sistema de saneamento no que diz respeito à sustentabilidade económica, ambiental e social.

## 4. CASO DE ESTUDO – MINDELO, CABO VERDE

“Ilhas perdidas  
no meio do mar  
esquecidas  
num canto do Mundo  
- que as ondas embalam  
maltratam  
abraçam...”

Fonte: Jorge Barbosa, poeta de Cabo Verde



Figura 44 - Fotografia de Satélite do Arquipélago de Cabo Verde (Fonte: <http://www.caboverdepages.com/>)

### 4.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E ECONÓMICO

O descobrimento das ilhas de Cabo Verde foi gradual, e iniciou-se a 1 de Maio de 1460, pelo navegador português Diogo Gomes. A primeira ilha a ser descoberta foi Santiago, e as restantes ilhas foram sendo descobertas até 1462, ano em que se iniciou o povoamento com população constituída por europeus livres e escravos da costa africana. Estas ilhas atlânticas estão estrategicamente localizadas entre a Europa, África e o Brasil, tornando-se muito importantes como ponto de paragem na expansão marítima portuguesa.

A economia de Cabo Verde desenvolveu-se em torno do entreposto comercial e de aprovisionamento de navios de outras frotas, tirando proveito do tráfico de escravos. Mas quando a abolição da escravatura se generalizou o declínio atingiu esta economia pouco estável, situação que se agravou com a gradual deterioração das condições climáticas. Sendo Cabo Verde um país de poucos recursos naturais e económicos, a decadência instalou-se e passou a existir uma economia de subsistência.

Durante 500 anos Cabo Verde viveu como colónia portuguesa, tendo-se iniciado a luta pela independência em 1950, que foi conquistada em 5 de Julho de 1975 pela mão de Amílcar Cabral, líder do único partido existente à data PAICV (Partido Africano para a Independência de Cabo Verde). Em 1991 decorreram as primeiras eleições multipartidárias, com a primeira alternância de poder, passando a governar o MpD (Movimento para a Democracia). Em 2001 o PAICV regressou novamente ao poder, como resultado de mais uma eleição democrática.

Com um ritmo de desenvolvimento lento, o país tem sobrevivido principalmente através de ajudas externas e remessas de emigrantes, estando no entanto a abrir-se ao exterior, principalmente na área do turismo.

## 4.2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO, GEOLÓGICO E CLIMÁTICO

Cabo Verde é um arquipélago situado no oceano Atlântico, a cerca de 450 km para oeste da costa do Senegal. Tal como se evidencia na figura 44, é constituído por 10 ilhas, 9 das quais habitadas, com uma superfície global de 4.033 km<sup>2</sup>.

A formação do arquipélago de Cabo Verde resultou de erupções vulcânicas sobre a placa submarina, sendo que cada ilha tem as suas especificidades em termos de orografia. Apesar de todas terem origem vulcânica, as ilhas orientais apresentam vestígios



sedimentares. As ilhas de Santo Antão, São Nicolau, Santiago, Fogo e Brava, apresentam elevações que ultrapassam os 1.000 m, chegando mesmo o Fogo a atingir os 2.829 m. Nas ilhas mais orientais Sal, Boavista e Maio, predominam formas de relevo planas com pequenas elevações, e as ilhas de São Vicente e Santa Luzia apresentam morfologia intermédia (figura 45).

**Figura 45 – Baía do Porto Grande, Ilha de S. Vicente**

As ilhas de Cabo Verde encontram-se divididas geograficamente em dois grupos impostos pela orientação dos ventos alísios. As ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boavista constituem o grupo do Barlavento, e as restantes ilhas fazem parte do grupo do Sotavento.

Os cursos de água permanentes são praticamente inexistentes, devido ao clima predominantemente árido que existe na região. As chuvas resultam essencialmente da passagem anual da frente intertropical, durante a estação húmida de Julho a Outubro. As precipitações costumam concentrar-se nos meses de Agosto e Setembro (cerca de 60% a 80% do valor de precipitação anual). Importa referir, no entanto, que a irregularidade da precipitação é uma das principais características do arquipélago, que tem sofrido longos períodos de seca. Esta característica faz com a pressão demográfica muito intensa se sinta sobre o ambiente e principalmente sobre os escassos recursos hídricos.



No quadro seguinte apresentam-se os valores médios anuais de pluviosidades para cada ilha.

**Quadro 11 – Precipitação média para as ilhas do arquipélago de Cabo Verde**

Ilha	Valor médio anual de precipitação (mm)
Fogo	495
Santiago	321
Brava	268
Santo Antão	237
Maio	150
São Nicolau	142
São Vicente	93
Boavista	68
Sal	60

Estes valores de pluviosidade média anual associados a temperatura média de 24 °C, conferem a Cabo Verde um clima tropical seco, sendo que as ilhas de Sal e Boavista são consideradas extremamente áridas, as ilhas de S. Vicente (figura 46), S. Nicolau e Maio são consideradas áridas, e as restantes apresentam-se com características de ilhas semi-áridas.



**Figura 46 – Solos Áridos da ilha de S. Vicente, perspectiva da Baía do Porto Grande, a partir o Monde Verde**

Os solos do arquipélago são genericamente esqueléticos e pobres em matéria orgânica, sendo que apenas 10% dos solos são potencialmente aráveis. Actualmente destes terrenos cultiváveis cerca de 95% estão ocupados com culturas de sequeiro e apenas 5% com culturas de regadio. A produção resultante destas zonas de cultivo cobre as necessidades de apenas 10% da população, sendo as restantes necessidades satisfeitas com produtos importados. As ilhas de Santiago, Santo Antão e Fogo asseguram a quase totalidade da produção agrícola nacional. Os principais produtos cultivados são: feijão, milho, cana-de-açúcar, batata-doce, amendoim, batata, banana, e mandioca.

#### **4.3. CABO VERDE COMO PAÍS DE DESENVOLVIMENTO MÉDIO**

O Índice de Desenvolvimento Humano de Cabo Verde é de 0,736, de acordo com a lista países em vias de desenvolvimento do ano 2007, integrando assim o grupo dos países de desenvolvimento médio.

Apesar de ter sido oficialmente reconhecida a entrada nesta nova categoria, Cabo Verde apresenta ainda fraca capacidade produtiva interna, e uma dependência económica em remessas do exterior.

Em termos de cumprimento dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio, espera-se que todos sejam alcançados ainda antes do período definido (2015). De forma resumida, o sistema de monitorização dos objectivos de desenvolvimento do milénio, refere que o posicionamento de Cabo Verde face ao cumprimento é a seguinte:

- Objectivos alcançados
  - Objectivo 2 – Atingir o ensino primário universal
  - Objectivo 3 – Promover a igualdade de género e a capacitação das mulheres
  - Objectivo 4 – Reduzir a mortalidade infantil
  - Objectivo 5 – Melhorar a saúde materna
- Objectivos com boas perspectivas de serem alcançados até 2015
  - Objectivo 6 – Combater o HIV/SIDA, a malária e outras doenças
- Objectivos sem informação actualizada
  - Objectivo 1 – Erradicar a pobreza extrema e a fome
  - Objectivo 7 – Garantir a sustentabilidade ambiental
  - Objectivo 8 – Criar uma parceria global para o desenvolvimento

#### **4.4. A ESCASSEZ DE ÁGUA NA ILHA DE S. VICENTE**

A escassez de água na ilha de S. Vicente é um problema recorrente, e já no ano de 1948 era notícia no Diário Popular. Em Junho de 1965 este assunto foi novamente referido pelo então presidente da Câmara Municipal de S. Vicente, Teixeira de Sousa.

No artigo publicado Teixeira de Sousa referia “que o consumo de água vai aumentando, numa ilha onde não existem cursos de água, nem nascentes com débito que encoraje qualquer exploração comercial. O sistema de abastecimento continua na fase de utilização de poços cujo nível freático baixa consideravelmente nas temporadas de seca (...). Além do débito flutuante dos poços, a sua dispersão pela ilha não permite utilização visando (...) o abastecimento da cidade do Mindelo (...)”

Nesta época, e numa perspectiva de pesquisar novas possibilidades para o abastecimento de água, Teixeira de Sousa referia ainda que “A pouco mais de uma dezena de milhas de S. Vicente, na vizinha ilha de Santo Antão, há águas finíssimas correndo todo o ano, ao desbarato para o mar (...). Seria do mais primário raciocínio pensar em transportar essas mesmas águas para o abastecimento da cidade do Mindelo, se uma experiência quase secular não existisse para provar ser inviável semelhante recurso, pelo preço proibitivo do m<sup>3</sup> (...)”.

E assim se chegou à solução actualmente utilizada para o abastecimento de água: “Resta-nos sem dúvida encarar o aproveitamento do inesgotável recurso hídrico do oceano que nos cerca e isola do resto do Mundo. Este mar que nos cobre de angústia e nos enche de ansiedades, guarda paradoxalmente, no seio salgado do seu volume líquido, o remédio milagroso para o nosso mal nº 1. A dessalinização da água do mar, tal qual hoje se pratica em muitas zonas áridas e semi-áridas do globo, será o único recurso válido, capaz de nos arrancar ao impasse aflitivo em que vivemos há séculos nesta ilha.”

## 5. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO - CABO VERDE

### 5.1. CICLO DA ÁGUA NO MINDELO

A escassez de fontes de água doce na ilha de S. Vicente foi o motor de desenvolvimento do actual ciclo de utilização de água no Mindelo, representado na figura 47.

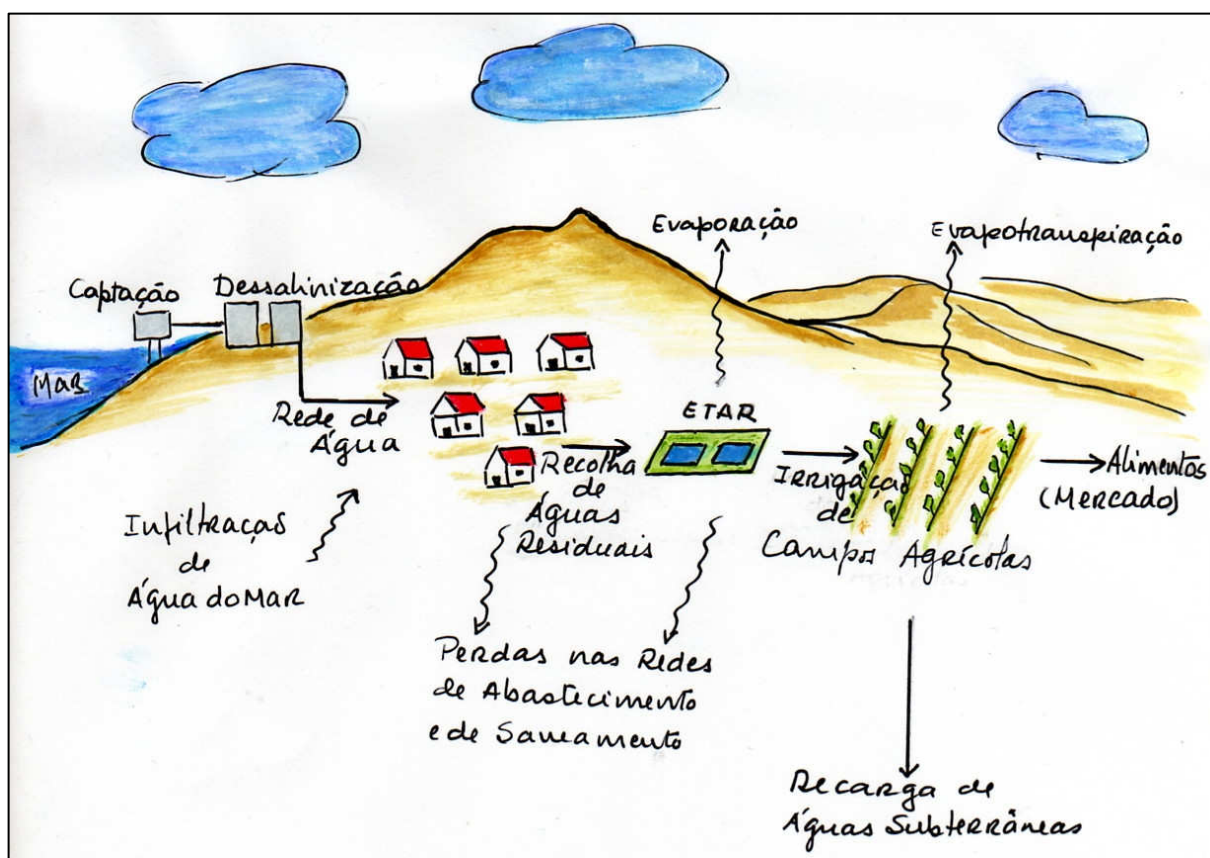


Figura 47 – Ciclo da Água no Mindelo (Fonte: M.P.Gonçalves (01-01-2008))

O ciclo da água na cidade do Mindelo é em parte revelador da sustentabilidade do sistema de saneamento que aqui está instalado, e das potencialidades de desenvolvimento das infra-estruturas associadas.

### Produção e abastecimento de água

A água destinada a consumo humano é produzida na central de dessalinização da ELECTRA, localizada na Matiota dentro do tecido urbano do Mindelo, recebendo água do mar captada junto à praia da Laginha.

Cerca de 72% da população é abastecida com água dessalinizada através da rede de canalização, cisternas, viaturas auto-tanques e chafarizes<sup>1</sup>. A restante população é abastecida por outros meios, nomeadamente furos e poços, que existem nos leitos secos de ribeiras, e que apresentam elevados índices de intrusão salina.

## **Recolha e Transporte de águas residuais**

O sistema de saneamento da cidade do Mindelo é constituído por uma rede de colectores convencional unitária (para águas pluviais e residuais), e por um conjunto de infra-estruturas descentralizadas de saneamento (fossas sépticas e latrinas públicas). Este sistema de saneamento serve cerca de 60% da população.

## **Tratamento de águas residuais**

Das águas residuais produzidas, parte é recolhida pelo sistema de saneamento e é encaminhada para soluções de tratamento adequadas (ETAR e fossas sépticas), e as restantes são encaminhadas para soluções de tratamento não controladas. A ETAR localizada em Ribeira de Vinha é constituída por uma série de lagoas de estabilização que promovem o tratamento da água residual bruta e que produzem água residual tratada que é posteriormente encaminhada para irrigação de campos agrícolas.

## **Utilização de águas residuais tratadas**

As águas residuais tratadas na ETAR são encaminhadas para os campos agrícolas do projecto PARI (Projecto de Reutilização de Águas Residuais para Irrigação), fornecendo água a agricultores beneficiários, que por meio de um sistema de irrigação e distribuição de água, produzem diversos tipos de culturas. O resultado desta produção é depois colocado no mercado para venda à comunidade em geral.

A água residual tratada que não é consumida pelas plantas, infiltra através do solo, e embora sendo em pouca quantidade, contribui para a recarga das massas de água subterrâneas.

---

<sup>1</sup> Dados do Recenseamento de 2000, Fonte: Instituto Nacional de Estatística (<http://www.ine.cv>)

## 5.2. DADOS DE BASE SOBRE O CASO DE ESTUDO

### 5.2.1. DADOS ESTATÍSTICOS POPULACIONAIS

Durante o recenseamento de 2000 efectuado pelo INE, foram recolhidos dados relativos ao abastecimento de água potável e às condições de saneamento da população residente em S. Vicente, e particularmente na cidade do Mindelo (quadro 12):

**Quadro 12 - Dados relativos aos serviços de abastecimento de água e saneamento no Mindelo**  
(Fonte: [www.ine.cv](http://www.ine.cv), 2000)

População Total Residente em S. Vicente (hab.)	66.671
População Total Residente no Mindelo (hab.)	62.497
Constituição média do agregado familiar (hab. / agregado)	4,2
<b>Abastecimento de Água para Consumo</b>	
Agregados abastecidos com água canalizada	6.969
Agregados abastecidos por cisterna	49
Agregados abastecidos por auto-tanque	2.134
Agregados abastecidos por chafariz	1.563
Total de agregados abastecidos com água da rede	10.715
% de agregados abastecidos por água da rede	72,34%
Outros tipos de abastecimento – poços (6) e outros não mencionados (4092)	4.098
% de agregados com outros tipos de abastecimento	27,66%
<b>Sistema de Saneamento</b>	
Agregados servidos de fossa séptica	1.338
Agregados abrangidos pela rede de colectores	7.057
% de agregados ligados à rede de saneamento (colectores)	47,64%
% de agregados servidos de saneamento básico (fossas e colectores)	56,67%
Outros tipos de soluções para as águas residuais	6.418
% de agregados com outras soluções para as águas residuais	43,33%
Razão entre o nº de ligação à rede de esgotos e à rede de abastecimento <sup>2</sup>	78,35%

<sup>2</sup> Para o cálculo deste valor consideraram-se apenas os agregados que se encontram efectivamente ligados à rede de colectores e a fossas sépticas (excluindo-se os restantes) e os agregados que consomem água proveniente da rede de abastecimento de água potável (incluindo os que são servidos por água canalizada, cisterna, autotanque e chafariz, e excluindo-se os restantes)

### 5.2.2. DADOS DE PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A dispersão de informação e por vezes a inexistência de registos fidedignos, é um dos principais problemas da gestão do sistema de saneamento do Mindelo, pelo que muitas vezes os dados apresentados e analisados, resultam de estudos anteriormente realizados.

Os mais recentes dados sobre a produção de águas residuais e sobre o sistema de saneamento da cidade do Mindelo, apresentados nos quadros 13 e 14, datam de 2000, e constam do Relatório de Reactualização do Plano Sanitário do Mindelo – 3ª Fase.

**Quadro 13 - Produção de águas residuais** (Fonte: PEAS e CMSV)

Águas residuais	Dados de 1999	Estimativa para 2005
Domésticas	681,9 m <sup>3</sup> /d	1.690,6 m <sup>3</sup> /d
Industriais	85,9 m <sup>3</sup> /d	159,3 m <sup>3</sup> /d
Comerciais	26,1 m <sup>3</sup> /d	31,0 m <sup>3</sup> /d
Institucionais	37,6 m <sup>3</sup> /d	89,4 m <sup>3</sup> /d
Total não doméstico	149,7 m <sup>3</sup> /d	279,7 m <sup>3</sup> /d

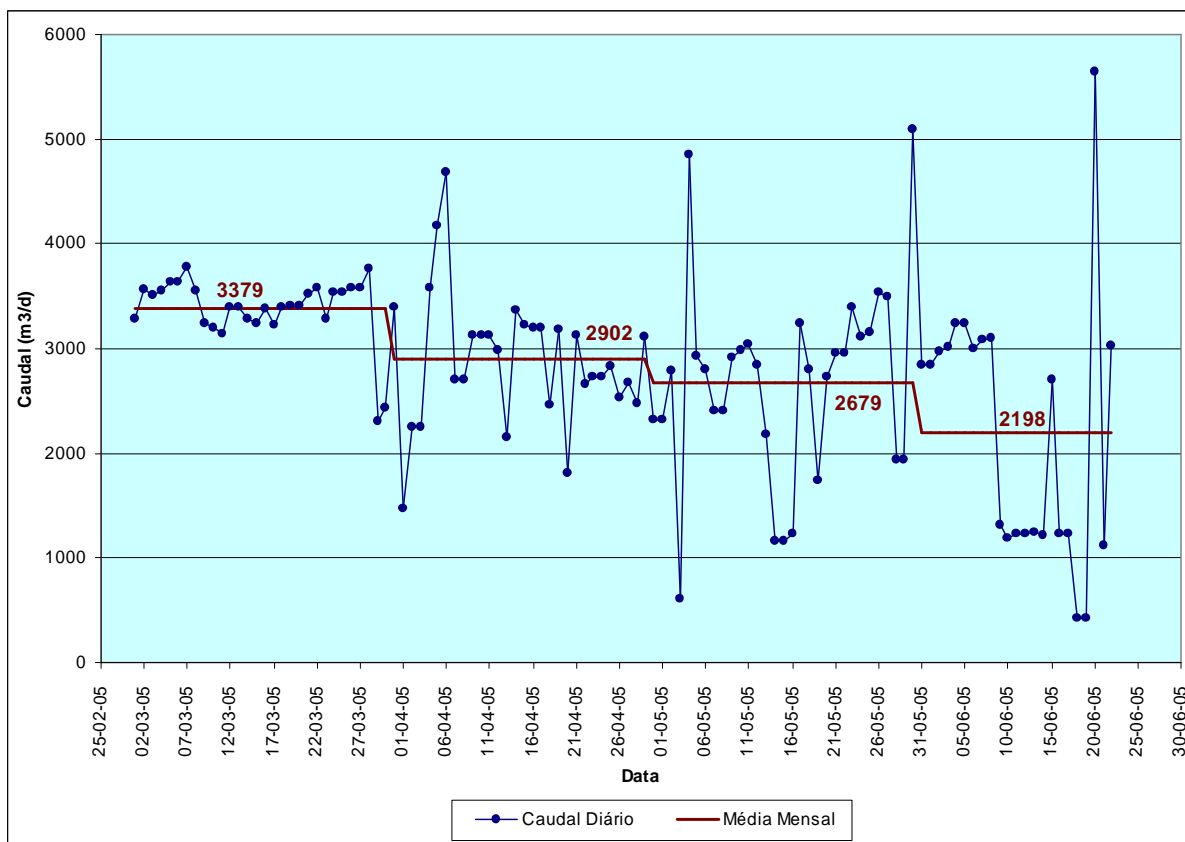
**Quadro 14 - Dados importantes para cálculo** (Fonte: PEAS e CMSV)

Percentagem de águas brancas (pluviais, infiltrações e intrusão salina)	10 % do caudal total recolhido na rede de colectores
Factor de ponta mensal	1,2
Perdas na rede	30% do caudal recolhido na rede
Coeficiente de afluência	85%

Os valores apresentados para a produção de águas residuais não domésticas resultam de estimativas estudadas no PEAS (Programa de Energia Água e Saneamento), no entanto por se ter verificado um grande acréscimo de caudal afluente à ETAR, como consequência do alargamento da rede de colectores, principalmente em zonas residenciais, torna-se necessário calcular neste relatório a produção de águas residuais domésticas, não considerando as estimativas anteriores.



Para determinar a produção de águas residuais domésticas produzidas na cidade do Mindelo, foi necessário recolher os registos das leituras diárias do caudal afluente à ETAR, registos estes apresentados na figura 48, sob a forma de gráfico de variação diária.



**Figura 48 - Representação gráfica dos registos de caudal diário afluente à ETAR entre Março e Junho de 2005** (Fonte: registos da CMSV)

Para o cálculo da produção e da capitação de águas residuais assume-se que apenas 70% das águas residuais domésticas recolhidas pela rede de colectores chega efectivamente à ETAR (perdas de 30% valor médio considerado pela Electra) e que do caudal total afluente à estação cerca de 10% são de águas do mar que se infiltraram até chegarem aos colectores. Considera-se ainda que da água residual produzida nas habitações apenas 85% é recolhida na rede de colectores (coeficiente de afluência).

De acordo com estas referências numéricas, foram determinados os valores apresentados no quadro 15 apresentado na página seguinte.

O mês de referência utilizado para este cálculo foi Maio de 2005, visto ter sido o mês da calibração do medidor de caudal.

Com base nestes valores foi possível estimar que a captação de águas residuais domésticas é de aproximadamente **86 l/hab.dia**. O valor calculado parece no entanto demasiado elevado para o panorama actual das condições de vida da maior parte dos habitantes, pelo que se sugere que seja feito um novo cálculo com base em dados mais específicos da rede, nomeadamente as produções exactas de águas residuais não domésticas e das águas residuais das sentinas municipais.

**Quadro 15 – Caudais de águas residuais produzidas e afluentes à ETAR**

Águas residuais afluentes à ETAR (média do mês de Maio)	2.679,0 m <sup>3</sup> /d
Caudal de águas brancas infiltradas (10%)	267,9 m <sup>3</sup> /d
Perdas na rede de colectores (30%)	1.033,3 m <sup>3</sup> /d
Caudal de águas residuais recolhidas pela rede de colectores	3.444,4 m <sup>3</sup> /d
Caudal de águas residuais produzidas (considerando um coeficiente de afluência 85%)	4.052,3 m <sup>3</sup> /d
Caudal de águas residuais não domésticas recolhidas pela rede (comerciais, industriais e institucionais – dados 1999)	279,7 m <sup>3</sup> /d
<b>Caudal de águas residuais domésticas produzidas nas zonas com ligação à rede de colectores</b>	<b>3.772,6 m<sup>3</sup>/d</b>

### 5.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO

O sistema de saneamento da cidade do Mindelo é do tipo misto, incorporando infra-estruturas de sistemas de centralizados e descentralizados, e ainda algumas soluções de tratamento não aconselhadas dos pontos de vista técnico, saúde pública e ambiente.

#### **Infra-estruturas de Sistemas Centralizados**

A rede de colectores instalada em grande parte da malha urbana da cidade do Mindelo, recolhe as águas residuais de cerca de 48% da população, encaminhando-a por meio de um conjunto de interceptores e estações elevatórias, para a ETAR, onde se processa o tratamento, localizada na zona peri-urbana em Ribeira de Vinha.

### **Infra-estruturas de Sistemas Descentralizados**

Cerca de 9% da população tem como solução de saneamento as fossas sépticas. Estas estão instaladas principalmente na malha urbana da cidade do Mindelo, no entanto em locais onde a rede de saneamento ainda não chegou. Estes efluentes sofrem um processo de pré-tratamento na fossa, podendo depois ser concluído ou afinado na ETAR.

Existem ainda as sentinas municipais que providenciam os serviços de abastecimento de água e soluções de saneamento adequadas, para a população servida.

Em zonas rurais uma pequena parte da população utiliza como solução de saneamento uma espécie de Latrina de fossa simples.

### **Soluções de Saneamento Inadequadas**

Principalmente em zonas rurais são utilizadas soluções de saneamento não aconselháveis, pois não tratam os efluentes produzidos. Estas soluções passam geralmente pela descarga na superfície do solo em redor das habitações, pela deposição em buracos simples no solo, e ainda pela descarga directa para o mar.

## 5.3. REDE DE SANEAMENTO

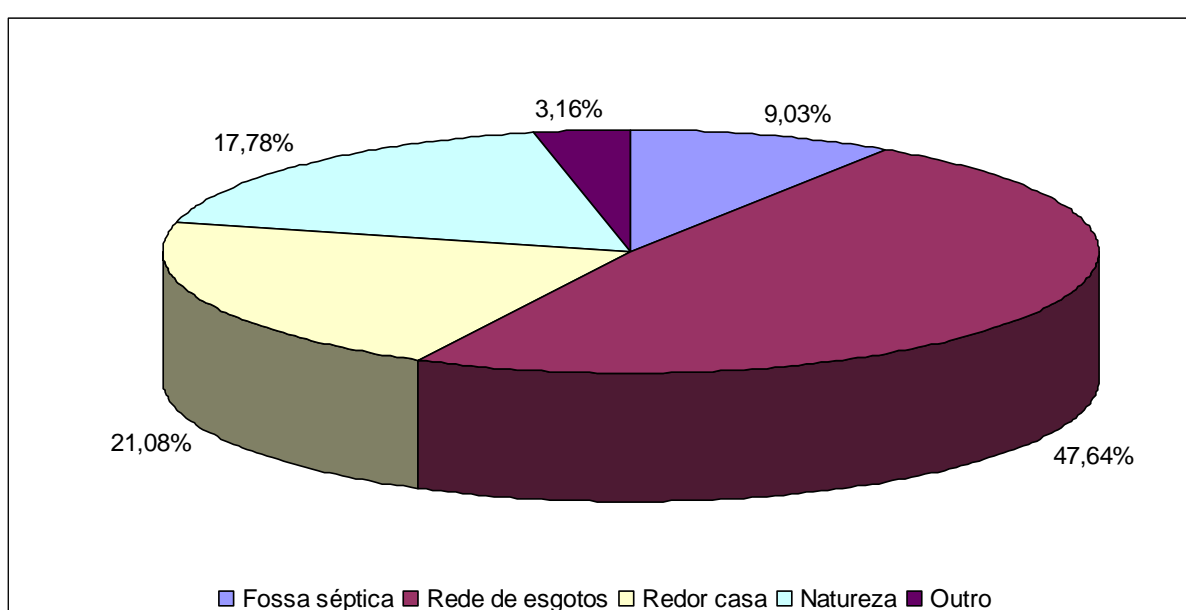
### 5.3.1. ENQUADRAMENTO

#### Soluções de Saneamento

De acordo com os dados estatísticos no INE de 2000 (quadro 16 e figura 49), os sistemas de saneamento que servem a população da ilha de S. Vicente, e mais em particular da cidade do Mindelo, vão desde o sistema centralizado constituído por uma rede de colectores e por uma ETAR, e passam também pela deposição dos excrementos no meio ambiente.

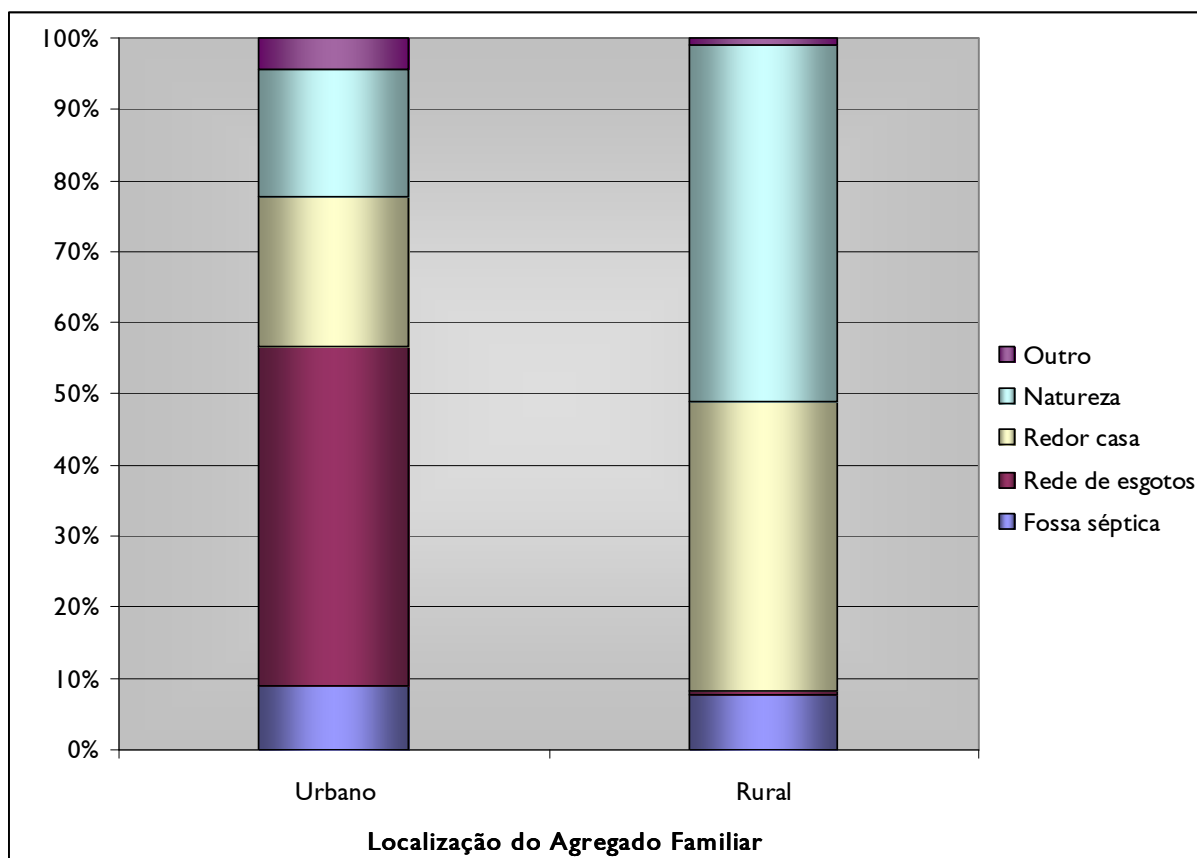
**Quadro 16 – Soluções de Saneamento utilizadas na cidade do Mindelo**

<b>Tipo de Soluções de Saneamento</b>	<b>População abrangida (hab)</b>	<b>%</b>
Rede de Colectores	7.057	47,64%
Fossas Sépticas	1.338	9,03%
<b>Saneamento Adequado</b>	<b>8.395</b>	<b>56,67%</b>
Deposição em redor da casa	3.123	21,08%
Deposição no meio ambiente	2.634	17,78%
Outros	661	3,16%
<b>Saneamento Inadequado</b>	<b>6.418</b>	<b>43,33%</b>



**Figura 49 – Soluções de Saneamento no Mindelo**

De acordo com o exposto na figura 50, a desagregação estes dados pela localização das habitações em meio rural e em meio urbano, evidencia que a maior parte das soluções de saneamento inadequadas se verificam exactamente em meios rurais. Nestes locais as redes de saneamento são inexistentes, e a instalação de fossas sépticas é muito dispendiosa para a maioria dos agregados familiares que aí habitam.



**Figura 50 – Soluções de Saneamento no Mindelo para zonas urbanas e rurais**

### Rede de Saneamento

A rede de saneamento da cidade do Mindelo começou por ser instalada no centro da cidade, tendo-se desenvolvido ao longo dos anos para as zonas de crescimento do tecido urbano, seguindo a estratégia presente no Plano Sanitário da cidade do Mindelo (PSM).



**Figura 51 – Poço de bombagem da estação elevatória do Comando Naval**

Durante a 1ª fase do Plano Sanitário, concluída em 1987, para além da instalação de grande parte da rede de colectores, foram também construídas as três principais estações de bombagem de águas residuais – Comando Naval (figura 51), Caisinho (figura 52) e Campin, que encaminham a água residual produzida para tratamento na ETAR.

As intervenções na rede foram reduzidas após esta fase, tendo sido retomada a estratégia de crescimento da rede na 2ª fase do PSM (1992). Nesta fase apostou-se na ampliação da rede de colectores e na construção de mais uma estação de bombagem, na zona do Golf.

Desde a conclusão da 2ª fase foram apenas executadas intervenções de carácter curativo nos pontos da rede que iam apresentando problemas, até à execução de obras de fundo impostas pelo projecto PARI, no ano de 2005, referidas no ponto 5.5.2 da presente tese.

Em 2007 foram efectuadas novas ligações domiciliárias à rede de esgotos a famílias carenciadas, no âmbito de projectos de redução da pobreza, e está actualmente em implementação da 3ª fase do PSM que irá introduzir novas alterações no sistema de saneamento, já durante 2008.



**Figura 52 – Grade de retenção de sólidos a montante da estação de elevatório do Caisinho (após as obras de recuperação)**

### 5.3.2. IMPLANTAÇÃO DA REDE DE SANEAMENTO

Com base nos documentos obtidos durante este estudo (mapa de implantação da rede, ficheiro digital da cidade do Mindelo e Ortofotomapas), foram calculadas as áreas e a percentagem de território abrangidos pela rede de saneamento, sendo o resultado apresentado no quadro da página seguinte:

**Quadro 17 – Áreas servidas pela Rede de Saneamento**

	Área
Estação Elevatória do Comando Naval	433.219 m <sup>2</sup>
Estação Elevatória do Caisinho	3.023.277 m <sup>2</sup>
Estação Elevatória do Campin	608.486 m <sup>2</sup>
Estação Elevatória do Golf	-
Área total abrangida	4.064.982 m <sup>2</sup>
Área da Cidade do Mindelo	8.517.758 m <sup>2</sup>
Percentagem de território servido pela rede de saneamento	47,72 %

Comparando o valor obtido para a percentagem de território servido pela rede de saneamento (47,72%) com os dados do último recenseamento do INE para a percentagem de população servida (47,64%), e com os dados empíricos dos serviços da CMSV (cerca de 50%) verificamos que não existem grandes discrepâncias.

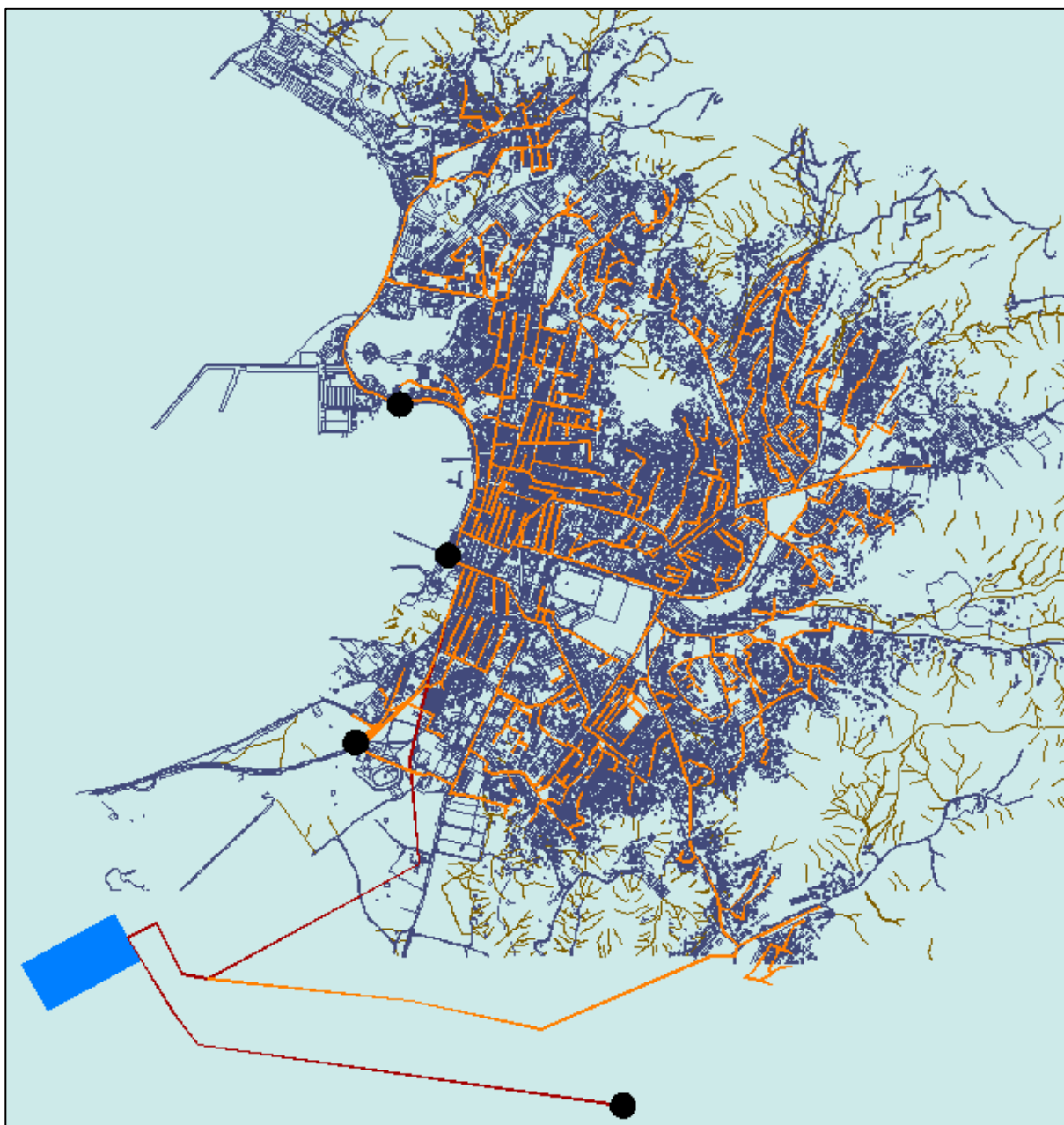
De acordo com a informação recolhida junto dos funcionários responsáveis pela manutenção e ampliação da rede, este valor deve-se ao facto da ampliação da rede de saneamento não ter vindo a acompanhar o crescimento acelerado das infra-estruturas da cidade. Estão no entanto previstas novas ligações à rede de saneamento durante os próximos anos, no sentido de se duplicar o sistema de tratamento de águas residuais.

Durante o último ano 2007 foram construídos mais 2.797 metros lineares de rede de saneamento, ainda não cartografadas, que servem parte das populações de Alto de Brava, Ribeira de Craquinha, Chã de Alecrim, e Vila Nova.

Apesar de se ter obtido informação sobre grande parte da rede de saneamento instalada, as zonas de Ribeira de Craquinha, Fernando Pó e Horta Seca, cujos esgotos afluem à estação de bombagem do Golf, não estão cartografados por não existirem registos nem levantamento topográficos desta área da cidade.

Como resultado da união de toda a informação recolhida, foi traçada a rede de colectores da cidade do Mindelo. Na figura 53 apresenta-se o mapa digital trabalhado em *Autocad* que contém a informação vectorial da cidade do Mindelo e o traçado da rede de saneamento.





**Figura 53 – Implantação da Rede de Saneamento da cidade do Mindelo (ficheiro Autocad)**

Legenda:

— Infra-estruturas e as vias de circulação

— Rede de colectores e as condutas de transporte entre estações elevatórias


— Emissários de transporte da água residual até à ETAR


• 4 Estações Elevatórias da rede de saneamento (de Norte para Sul: Comando Naval, Caisinho, Campin e Golf)


■ Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Ribeira de Vinha


A figura 54 apresenta a delimitação das zonas da rede que afluem a cada uma das estações de bombagem, e o limite da cidade do Mindelo à data de realização dos Ortofotomapas (2004). Estes limites permitiram calcular a cobertura total e parcial da rede de saneamento.

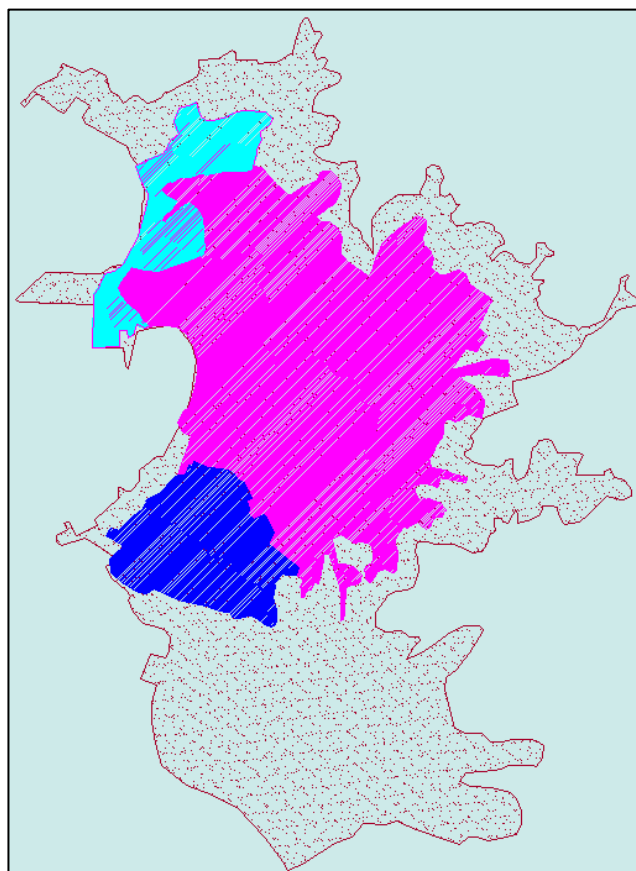
Legenda:

 Limite da cidade do Mindelo (ano de 2004)

 Bacia de recolha de águas residuais da estação de bombagem do Comando Naval

 Bacia de recolha de águas residuais da estação de bombagem do Caisinho (que inclui também a bacia de recolha da estação do Comando Naval)

 Bacia de recolha de águas residuais da estação de bombagem do Campin



**Figura 54 – Áreas de abrangência da rede de saneamento para cada uma das estações elevatórias**

### 5.3.3. ELEMENTOS DA REDE DE SANEAMENTO

#### **Rede de colectores**

A rede de colectores recolhe as águas residuais produzidas nas diferentes zonas da cidade, pelos agregados que se encontram ligados à rede, encaminhando-as para os poços de bombagem das estações elevatórias.



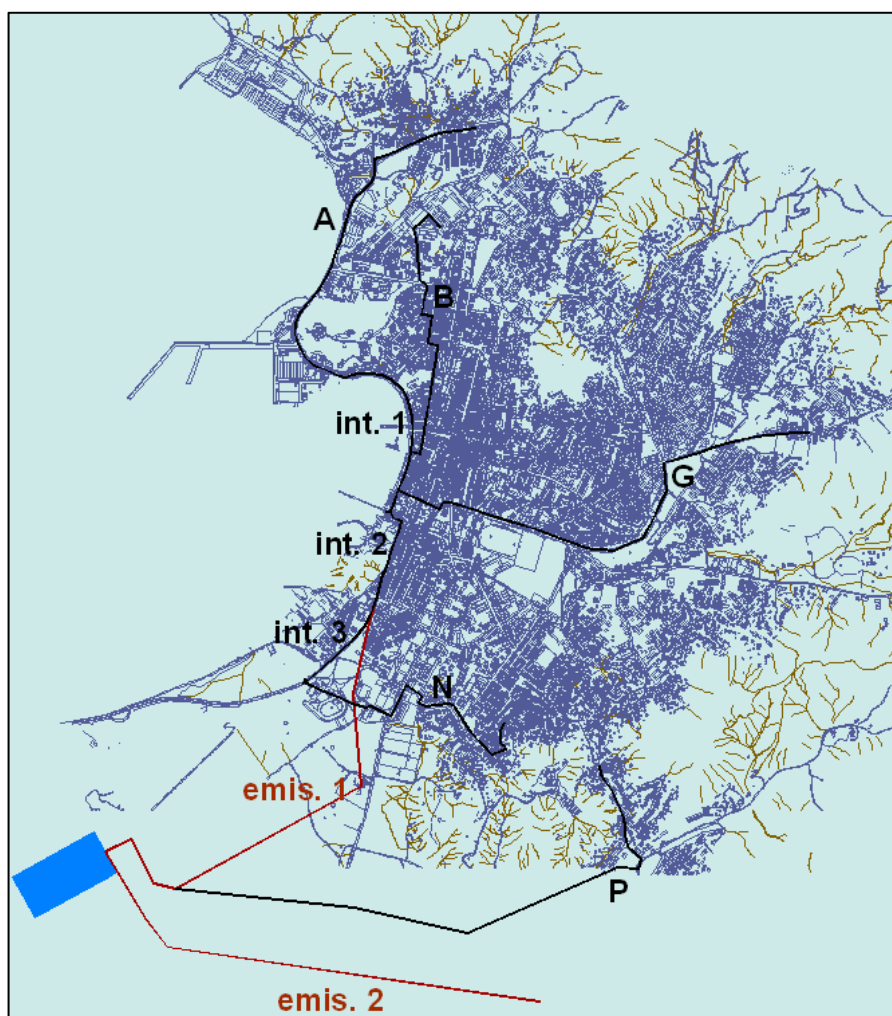
**Figura 55 – Caixa de visita da rede de colectores**

## Características

A rede de colectores implantada na cidade do Mindelo é do tipo unitário, recolhendo águas residuais e águas pluviais no mesmo sistema, abrange cerca de 50 % do território da cidade e dos agregados familiares residentes e tem actualmente uma extensão de aproximada de 60.000 m de colectores, incluindo colectores primários, secundários e terciários. Os colectores instalados durante a 1ª fase do PSM são de betão (excepto um troço que é de fibra de vidro na Av. 12 de Setembro), e os restantes colectores são de PVC. A inclinação mínima dos troços instalados é de 1,5%. Os diâmetros dos colectores secundários e terciários instalados na rede são de 90, 150 e 200 mm, e os diâmetros dos colectores principais, dos emissários e interceptores são os que se apresentam no quadro 18 e encontram-se identificados de acordo com a representação gráfica da figura 56.

**Quadro 18 – Descrição dos elementos principais da rede de saneamento**

Ref.	Nome	Descrição do troço	Diâmetro
A	Colector principal A	Chã de Alecrim – EE do Comando Naval	φ 200 ; φ 300
B	Colector principal B	Alto de S. Nicolau – Interceptor 1	φ 200 ; φ 300
G	Colector principal G	Ribeirinha – Interceptor 1	φ 200 ; φ 300
N	Colector principal N	Monte Sossego – EE do Campin	φ 200
P	Colector principal P	Fernando Pó – Interceptor 2	φ 200
int. 1	Interceptor 1	Comando Naval – Caisinho	φ 200; φ 300
int. 2	Interceptor 2	Caisinho – Ponto de Junção	φ 200
int. 3	Interceptor 3	Campin – Ponto de Junção	φ 200
emis.1	Emissário 1	Ponto de Junção – ETAR	φ 300
emis.2	Emissário 2	Golf – ETAR	φ 200



**Figura 56 – Referencias dos colectores primários, dos interceptores e do emissário**

### **Manutenção e Estado de Conservação**

Não existe actualmente nenhum Plano de Manutenção e Inspecção da Rede de Colectores, no entanto a equipa de trabalhadores responsável percorre diariamente vários troços da rede da cidade, para proceder a operações de manutenção e de inspecção. Estas operações incluem a limpeza e desobstrução de colectores por varejamento manual e por aspiração de água residual em pontos críticos de acumulação com recurso a viaturas como a apresentada na figura 57. As operações manuais permitem em muitos casos detectar não só as obstruções como a ruptura de colectores.



**Figura 57 – Viatura de limpeza e desobstrução de colectores**



## Caixas de Visita

As caixas de visita são elementos instalados na rede de colectores que permitem o acesso aos mesmos, para operações de manutenção e de limpeza. Estão implantados em todos os cruzamentos e pontos de inserção dos colectores, nos pontos de mudança de direcção, de declive ou de calibre dos colectores, e nos alinhamentos rectos para que o afastamento máximo entre duas caixas de visita consecutivas não seja superior aos 70 m.

Existem, na rede, caixas de visita visitáveis e não visitáveis (figura 55), sendo que as primeiras são concebidas de forma a serem intervencionadas por um funcionário, e as outras não. As primeiras apresentam dimensões de 1m x 1m x 1,5m e as segundas de 0,60m x 0,60m x 0,60m. A profundidade das caixas de visita não é fixa, podendo variar de local para local, de acordo com o perfil do terreno e com o andamento da tubagem.

## Estações Elevatórias

Actualmente existem 4 estações de bombagem de águas residuais ligadas à rede de colectores – Comando Naval, Caisinho, Campin e Golf.

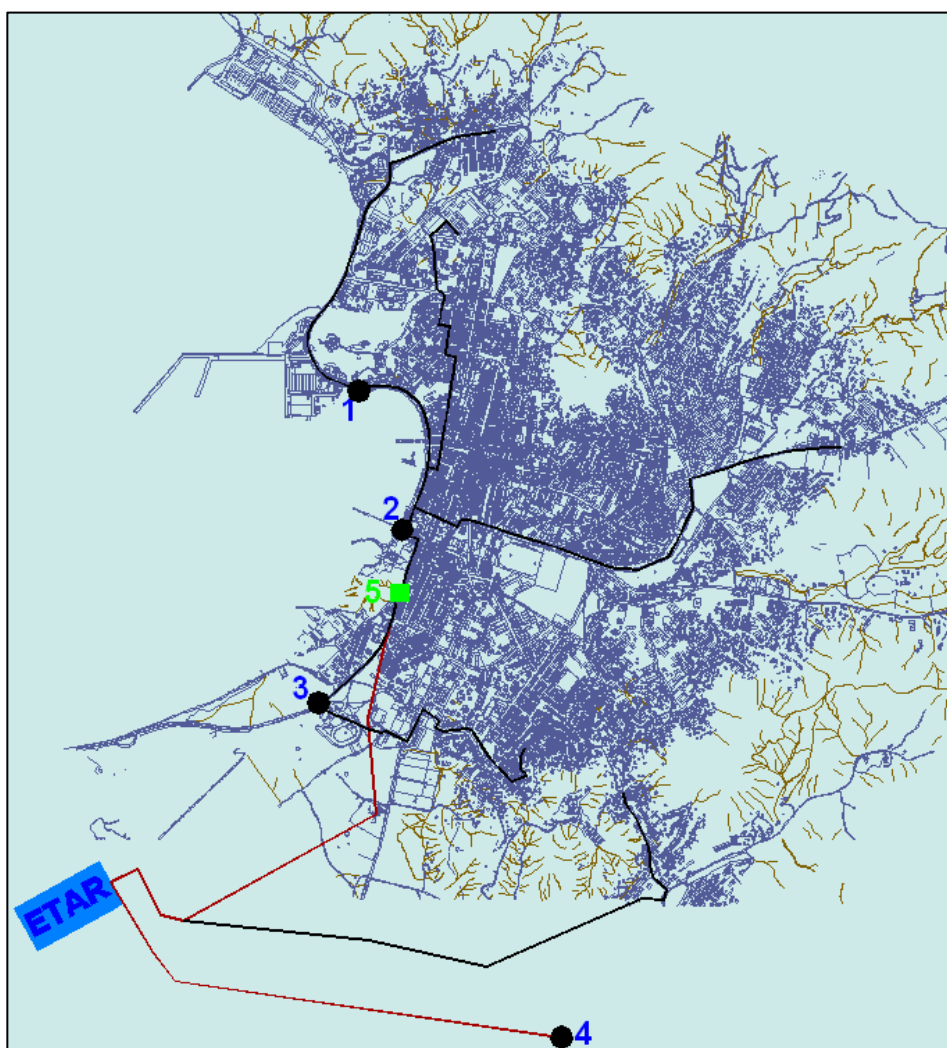
A principal estação elevatória da rede é a do Caisinho (figura 58), recebendo os efluentes da maior parte da cidade e também as águas residuais bombeadas pela estação elevatória do Comando Naval. As águas residuais provenientes da estação de bombagem do Caisinho e do Campin são encaminhadas para um ponto alto no Monte Craca (ponto de junção), de onde são escoadas conjuntamente por acção da gravidade para a ETAR.



**Figura 58 – Poço de bombagem da estação elevatória do Caisinho**

A estação de bombagem do Golf nunca tinha sido utilizada até 2005 por não existirem ligações à rede de colectores que rentabilizassem a sua utilização, assim, desde que foi construída em 1992, apenas no ano de 2005 foi colocada em funcionamento, por necessidade de aumentar o caudal afluente à ETAR para a produção de água residual tratada para o projecto de irrigação (PARI).

Na figura seguinte é apresentado um esquema da localização das estações de bombagem no actual sistema.



**Figura 59 – Esquema da rede de saneamento com localização das estações elevatórias**

Legenda:

- 1 – Estação elevatória do Comando Naval
- 2 – Estação elevatória do Caisinho
- 3 – Estação elevatória do Campin
- 4 – Estação elevatória do Golf
- 5 – Ponto de Junção

## Características

As estações de bombagem são constituídas por um poço de bombagem onde estão instalados os grupos electrobomba e para onde são encaminhadas as águas residuais provenientes da rede de colectores. À entrada do poço de bombagem está instalada uma grade de retenção de sólidos de grandes dimensões e a saída de emergência que, em caso de excesso de caudal afluente ou em caso de paragem do sistema de bombagem, retira a água em excesso do sistema para as imediações. No exterior da estação de bombagem está instalado um quadro de comando e controlo associado a um quadro eléctrico que, em associação com as bóias de nível colocadas no poço de bombagem, comanda o arranque e paragem das bombas.

No anexo VI é apresentado um quadro resumo das características principais das estações de bombagem da rede de saneamento.

### Grupos Electrobomba

Todas as estações de bombagem foram projectadas e construídas para operar com 2 grupos electrobomba de igual capacidade, que poderiam funcionar isolada ou simultaneamente em modo automático ou manual. Para além dos dois grupos instalados deveria sempre existir um outro grupo idêntico de reserva para se proceder à substituição em caso de avaria ou durante a manutenção. No entanto actualmente está instalado apenas um grupo de bombagem em cada estação, verificando-se que o funcionamento quase contínuo tem levado ao seu rápido desgaste e a sucessivas paragens por avaria e para manutenção.

No quadro seguinte apresenta-se a capacidade dos grupos instalados e de reserva, bem como o seu estado de conservação, para cada uma das estações de bombagem:

**Quadro 19 – Capacidade instalada e de reserva das estações elevatórias**

Estação Elevatória	Caudal	Potência	Grupos instalados	Grupos de reserva
Comando Naval	36 m <sup>3</sup> /h	7 kW	1 antigo reparado	2 (1 antigo reparado + 1 novo)
Caisinho	120 m <sup>3</sup> /h	21 kW	1 novo	2 antigos reparados
Campin	36 m <sup>3</sup> /h	7 kW	1 novo	2 antigos reparados
Golf	60 m <sup>3</sup> /h	12 kW	2 antigos (como novos)	nenhum

As três estações elevatórias principais (Comando Naval, Caisinho e Campin) estão actualmente a funcionar automaticamente, controladas não pelas 3 bóias de origem mas apenas por duas delas, associadas a apenas 1 grupo de bombagem instalado. Os seus efluentes são transportados em conjunto para a ETAR, pelo emissário 1.

### Esquemas das Estações de Bombagem

Nas figuras 60 a 63 são apresentados os esquemas de implantação das estações de bombagem que fazem parte da rede de saneamento actual.

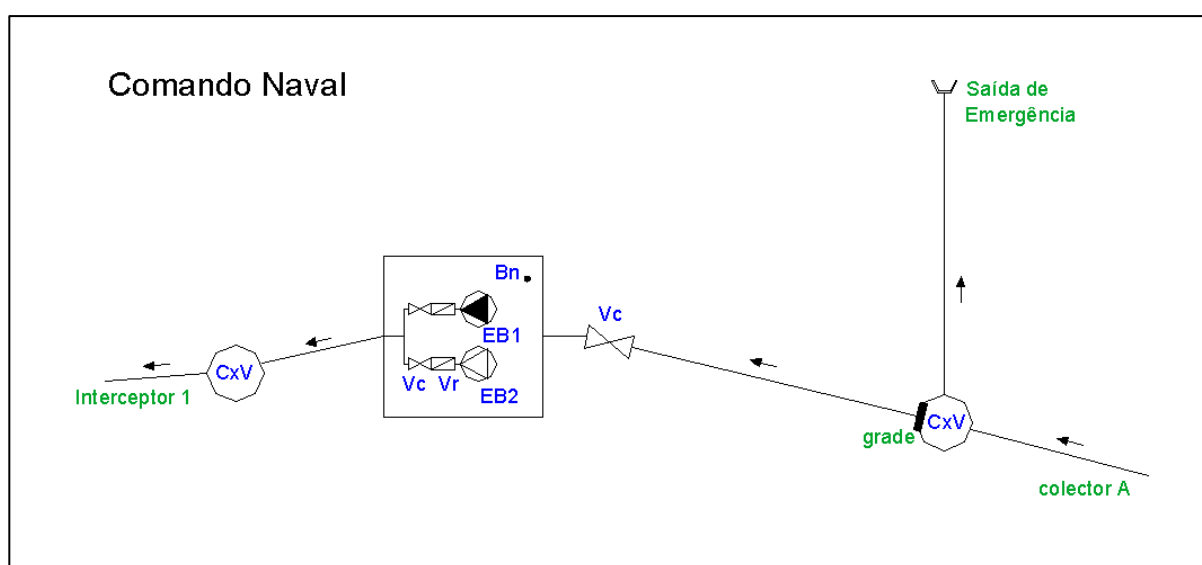


Figura 60 – Esquema de implantação da estação de bombagem do Comando Naval

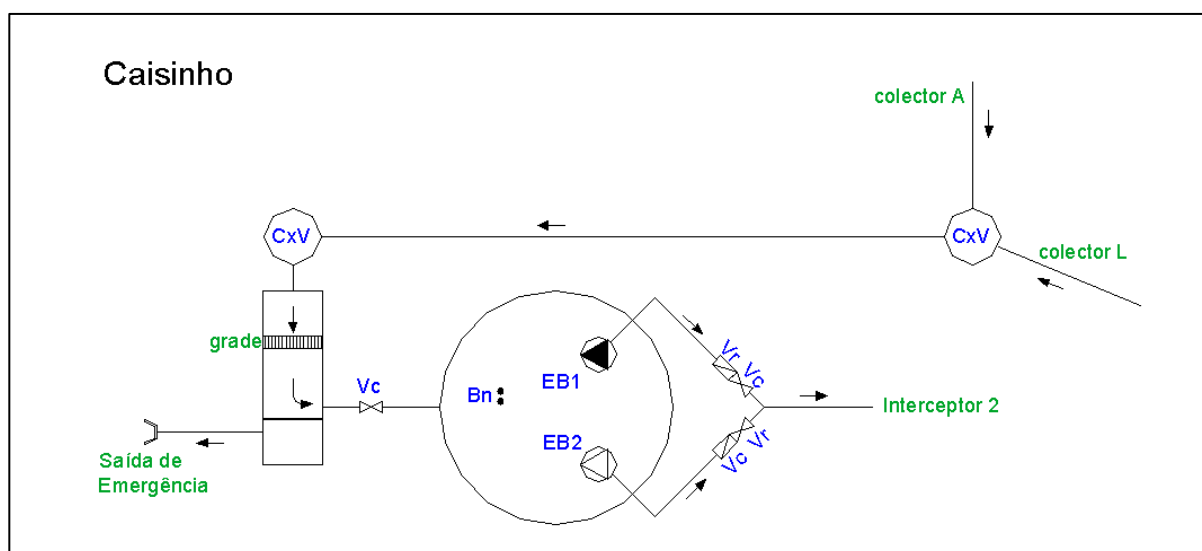


Figura 61 – Esquema de implantação da estação de bombagem do Caisinho



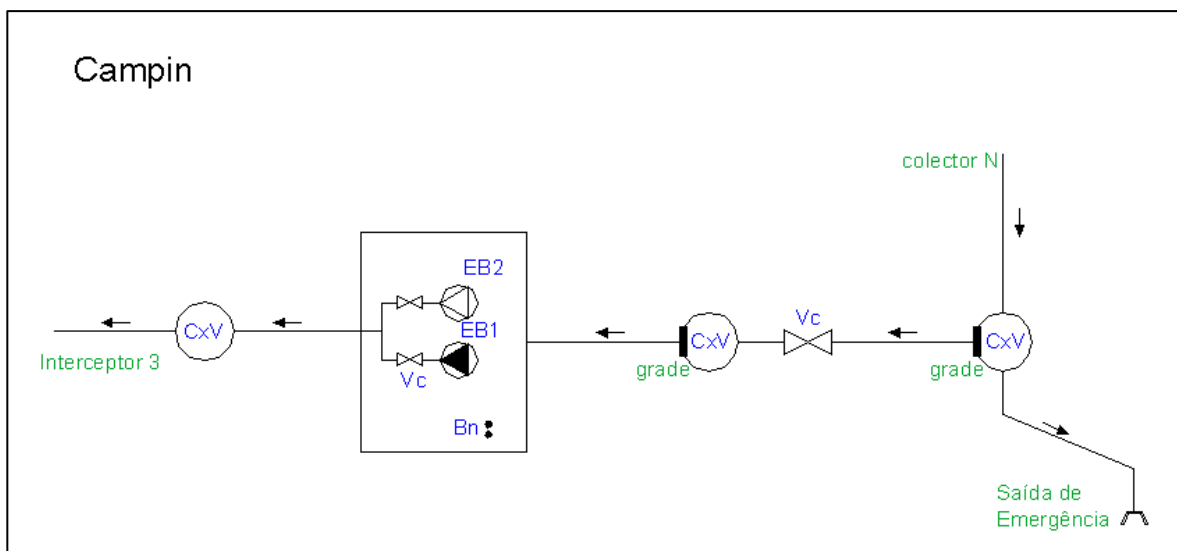


Figura 62 – Esquema de implantação da estação de bombagem do Campin

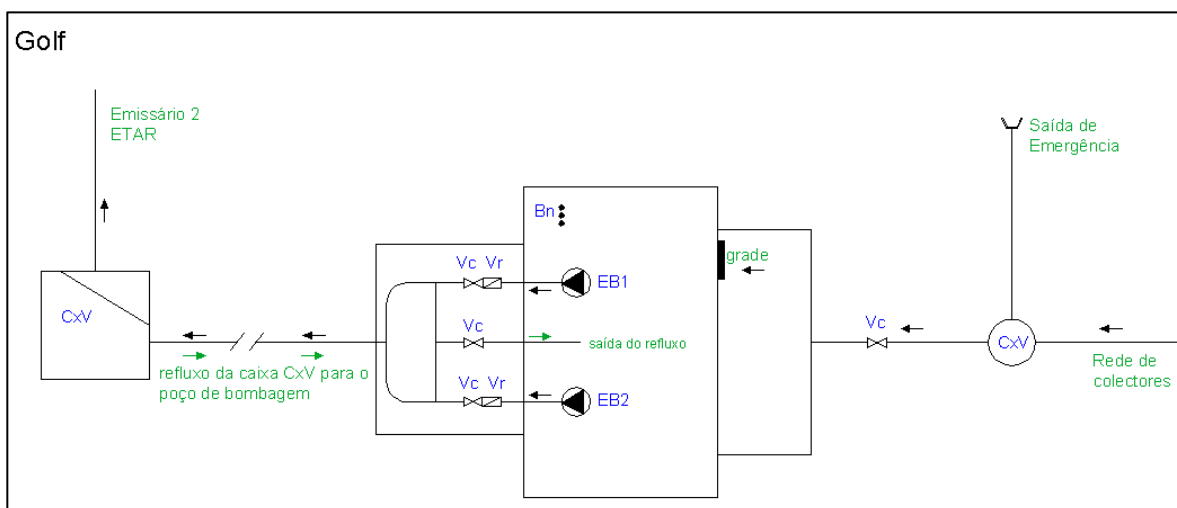


Figura 63 – Esquema de implantação da estação de bombagem do Golf

Simbologia:

- |  |  |
|--|--|
| EB1 - grupo electrobomba 1 - actualmente instalado   | Bn - bóias de nível                    |
| EB2 - grupo electrobomba 2 - actualmente desactivado | - grade pequena de retenção de sólidos |
| - caixa de visita da rede de colectores              | - saída de emergência                  |
| Vr - válvula de retenção                             | - grade grande de retenção de sólidos  |
| Vc - válvula de cunha                                | - sentido do escoamento                |

## **Inspecção e Manutenção dos Equipamentos**

Não existe até à data qualquer Plano de Manutenção nem por parte da Câmara Municipal de S. Vicente nem por parte da empresa de manutenção (SEFI - Sociedade de Electricidade e Frio Industrial, S.A.R.L.). As operações de inspecção e manutenção estão actualmente a ser feitas a dois níveis: inspecção básica periódica e manutenção curativa dos equipamentos.

A inspecção e manutenção básica periódica estão a cargo do encarregado das equipas do saneamento da CMSV, e consiste na vistoria regular de todas as estações de bombagem, para verificação do funcionamento dos grupos, do bom estado de conservação dos equipamentos e para a remoção dos sólidos de grandes dimensões retidos nas grades e limpeza dos poços de bombagem (figura 64). A organização deste serviço é empírica, não seguindo regras nem calendarização fixas.

A manutenção curativa dos equipamentos apenas é efectuada quando o encarregado verifica que existem problemas de funcionamento que não são passíveis de resolução imediata. Nestas situações informa a SEFI, empresa responsável pela manutenção dos equipamentos do sistema de saneamento, que envia um equipa especializada ao local para proceder à reparação da avaria mecânica ou eléctrica.



**Figura 64 – Sistema de elevação dos grupos electrobomba para inspecção, estação elevatória do Campin**

## **Estado de Conservação**

O estado de conservação dos equipamentos foi avaliado nas suas várias componentes. Apesar de terem sido introduzidas melhorias significativas no sistema de saneamento, na sequência do projecto PARI, é ainda necessário proceder a intervenções em alguns equipamentos. Actualmente a estação de bombagem que apresenta o melhor estado de conservação é a Estação do Golf. O bom estado de conservação desta estação de

bombagem deve-se não só ao facto da estação ser a mais recente, mas também, e principalmente, à boa qualidade dos materiais utilizados na sua construção, o que não se verifica nas restantes estações de bombagem.

Durante o estudo foi feita uma avaliação descritiva ponto por ponto do estado de conservação de cada um dos elementos, sendo que no quadro 20 se apresenta um resumo dessa avaliação:

**Quadro 20 – Elementos que necessitam de intervenção nas estações de bombagem**

	Comando Naval	Caisinho	Campin	Golf
Válvulas de cunha	XXX	X	XX	V
Válvulas de retenção	X	V	V	V
Barra guia dos grupos electrobomba	X	XXX	X	V
Grupos Electrobomba	X	X	X	X
Tubagens de saída da bombagem	XX	V	X	V
Bóias de nível	X	X	X	V
Escadas de acesso ao poço de bombagem	XXX	XXX	XXX	V
Grades de retenção dos sólidos	XX	V / X	X	V

Legenda:

**XXX** – em muito mau estado de conservação e funcionamento, necessita de intervenção muito urgente;

**XX** – em mau estado de conservação e/ou funcionamento, necessita de intervenção urgente;

**X** – razoável estado de conservação e/ou funcionamento, necessita de intervenção;

**V** – em bom estado de conservação e funcionamento.

#### 5.3.4. INFRA-ESTRUTURAS DE SANEAMENTO NÃO ABRANGIDAS PELA REDE DE SANEAMENTO

##### **Fossas Sépticas**

De acordo com os dados do INE, sabemos que apenas 9% dos agregados que não estão ligados directamente à rede de colectores possuem um destino adequado para os seus efluentes, as fossas sépticas.

Estão instaladas principalmente em zonas periféricas da cidade e nas encostas onde ainda não chegou a rede de colectores, que no entanto serão gradualmente substituídas pela rede de colectores nas várias fases de ampliação previstas. Apresentam várias configurações e dimensões, pois não existem normas específicas de construção, sendo as mais comuns de capacidade entre as 5 ton e 20 ton.

A limpeza das fossas é realizada pelas equipas da CMSV, sempre que estas atingem a sua capacidade máxima, ou periodicamente, mas sempre a pedido dos proprietários. Os resíduos removidos nestas operações têm destinos diferentes, sendo que para água com resíduos de óleo, o destino final utilizado é a lixeira municipal onde existem uns tanques de armazenagem destes resíduos, para posterior eliminação ou valorização; para água residual com bastante lama o destino utilizado é a Estação de Tratamento de Águas Residuais; e para as águas residuais bastante líquidas o destino imediato é a rede de colectores no ponto mais próximo da fossa séptica.

##### **Sentinas Municipais**

As sentinas municipais (figura 65) são infra-estruturas adequadas, de saneamento e abastecimento de água da Câmara Municipal, que servem a população residente em zonas da periferia da cidade ou de locais onde não existam as infra-estruturas adequadas.



**Figura 65 – Sentina municipal**

De acordo com os dados fornecidos pela CMSV existem actualmente 76 sentinas municipais com infra-estruturas de saneamento adequadas que servem as populações residentes em zonas peri-urbanas. Nesta perspectiva as sentinas funcionam como latrinas, ou instalações sanitárias públicas, cujas águas residuais produzidas são depois encaminhadas para tratamento. Das 76 sentinas apenas uma pequena parte tem ligação à rede de colectores, a grande parte, por se localizar fora do centro da cidade, está ligada a fossas sépticas comunitárias.

Em termos de abastecimento de água para consumo humano, apenas 6 estão ligadas à rede de abastecimento de água da ELECTRA, e as restantes são abastecidas por meio de camiões autotanque (camiões cisterna) que a CMSV tem disponíveis para este serviço.

### **Outras Soluções de Saneamento**

Referindo mais uma vez o censo de 2000 realizado pelo INE, as populações residentes nas zonas peri-urbanas e em zonas mais rurais, nem sempre utilizam soluções de saneamento adequadas. Alguns agregados depositam os seus excrementos directamente no solo em redor das habitações, outros instalam latrinas simples de fossa (figura 66), e outros ainda usam o mar como destino final.



**Figura 66 – Latrina de fosso instalada no Tarrafal, ilha de Santiago**

## 5.4. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

### 5.4.1. CARACTERÍSTICAS, FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO

#### Características

A Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) foi construída em 1985 em Ribeira de Vinha, perto da zona industrial da cidade do Mindelo, com o objectivo de receber e tratar cerca de **2.250 m<sup>3</sup>/d** de águas residuais recolhidos na cidade no Mindelo. Neste perímetro vedado estão implantadas as 7 lagoas de estabilização e os restantes elementos representados na figura nº 70. As principais características das lagoas do sistema de tratamento são apresentadas no quadro 21, sendo que na figura seguinte se esquematiza o sistema de tratamento implantado em Ribeira de Vinha.

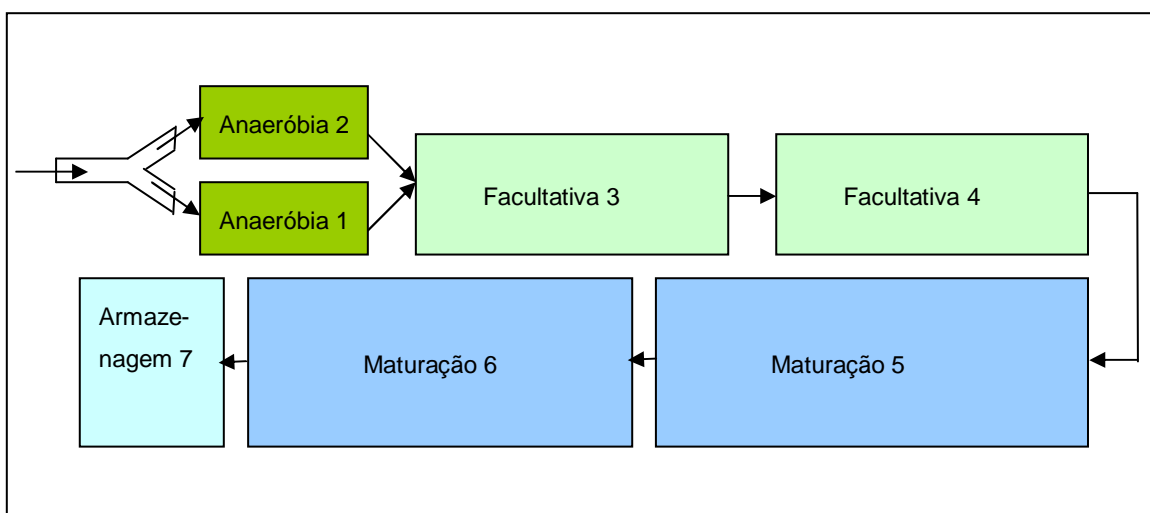


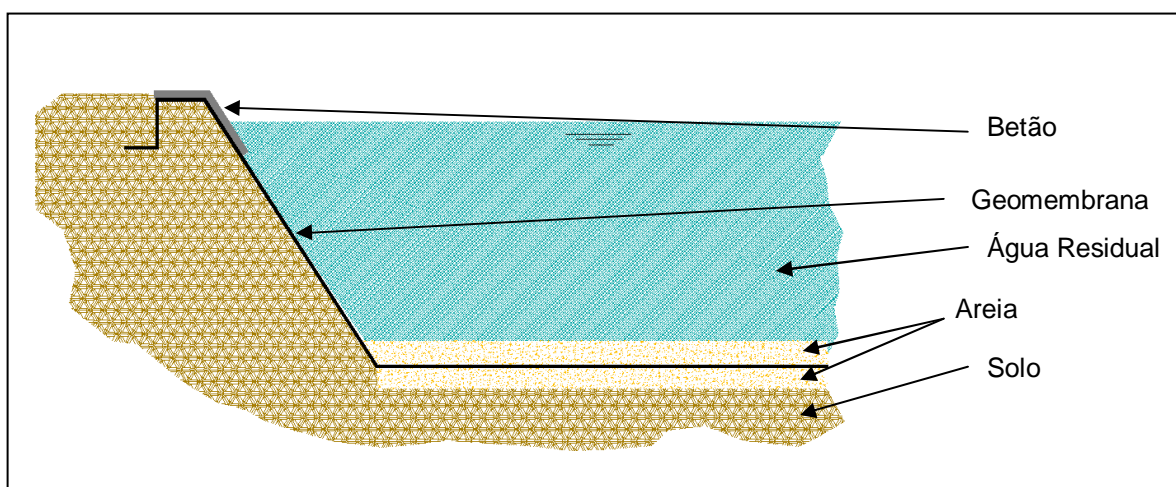
Figura 67 – Esquema de tratamento da ETAR do Mindelo

Quadro 21 – Especificações das Lagoas da ETAR de Ribeira de Vinha

Lagoa	Profundidade (m)	Área superficial (m2)	Volume (m3)
1 - Anaeróbia	2,5	1.700	3.300
2 - Anaeróbia	2,5	1.700	3.300
3 - Facultativa	1,5	7.100	9.400
4 - Facultativa	1,5	7.100	9.400
5 - Maturação	1,0	12.800	12.200
6 - Maturação	1,0	9.250	8.700
7 - Armazenagem	1,5	3.200	4.100
<b>Total</b>		<b>42.850</b>	<b>50.400</b>

As lagoas da ETAR são de planta rectangular, têm os taludes inclinados para facilitar a depósito de sólidos no fundo, tanto os taludes como o fundo estão protegidos por uma camada impermeabilizante que evita fugas de água residual para o solo.

As lagoas anaeróbias têm revestimento de betão, enquanto que as restantes lagoas têm revestimento de tela, geomembrana de polietileno de 1mm, e ainda uma camada de areia distribuída uniformemente no fundo com uma espessura de 40 a 50 cm. No topo dos taludes, junto à superfície, a tela é enterrada e para evitar fugas foram colocadas lajetas de betão na zona da linha de água, como se ilustra na figura seguinte:



**Figura 68 – Esquema da impermeabilização das Lagoas Facultativas e de Maturação**

## Funcionamento e Operação

A água recolhida pela rede de colectores é bombeada pelas estações elevatórias que existem na cidade, sendo retidos os sólidos de maiores dimensões pelos sistemas de gradagem que existem à entrada de cada estação.

À entrada da ETAR a água passa por um canal *Parshall* onde se encontra instalado um medidor de caudal e um condutivímetro, de leitura contínua.

A água afluente é dividida e encaminhada graviticamente para as duas lagoas anaeróbias a funcionar em paralelo, sendo este processo controlado manualmente por meio de duas válvulas de isolamento.

Depois da água residual sofrer o processo de tratamento anaeróbio nestas lagoas é conduzida, sucessivamente pela acção da gravidade, para as restantes lagoas que encontram ligadas em série, sendo a passagem de água entre elas controlada por meio de



válvulas de isolamento. O controlo da passagem da água de uma lagoa para a seguinte é feito de modo manual pelo operador da ETAR, durante o seu período de trabalho.

A ETAR está concebida de forma a poder funcionar com configurações diferentes, ajustando-se assim às necessidades de optimização do sistema de tratamento. Assim as duas lagoas anaeróbias (1 e 2) podem funcionar alternadamente ou em paralelo, as duas lagoas facultativas podem funcionar também alternadamente ou em conjunto em série ou em paralelo, a lagoa 4 facultativa poderá ser usada como lagoa de maturação e é ainda possível operar as lagoas de maturação separadamente ou em série. Actualmente a configuração que se encontra em utilização é a que está representada na figura 67.



**Figura 69 – ETAR de Ribeira de Vinha, vista sobre as lagoas de maturação**

#### 5.4.2. EQUIPAMENTO

O equipamento localizado dentro do perímetro da ETAR tem funções de apoio ao funcionamento da mesma e de fornecimento de água residual tratada ao perímetro de rega do projecto PARI. É constituído por um estação de bombagem de água residual tratada, um pequeno grupo electrobomba, um grupo motobomba, um grupo electrocompressor e um sistema de ar comprimido.

#### **Implantação**

Os dois grupos electrobomba, o electrocompressor, e as válvulas de isolamento destes sistemas de bombagem estão instalados na casa de bombagem, junto da lagoa nº 7. O sistema de ar comprimido está instalado ao lado da casa das bombas bem como a electrobomba e a motobomba.

Na figura nº 70 é apresentado o esquema básico do perímetro da ETAR, com a localização dos principais elementos.

Na figura 71 encontra-se representado o esquema básico da instalação dos equipamentos constituintes do sistema de bombagem da água residual tratada, apresentando em pormenor a relação entre os elementos: 2 (casa de bombagem ou estação elevatória), 3



(motobomba), 4 (electrobomba), 5 (reservatório de ar comprimido), 6 (caixa das válvulas) e 10 (sistema de tratamento por lagunagem – ETAR).

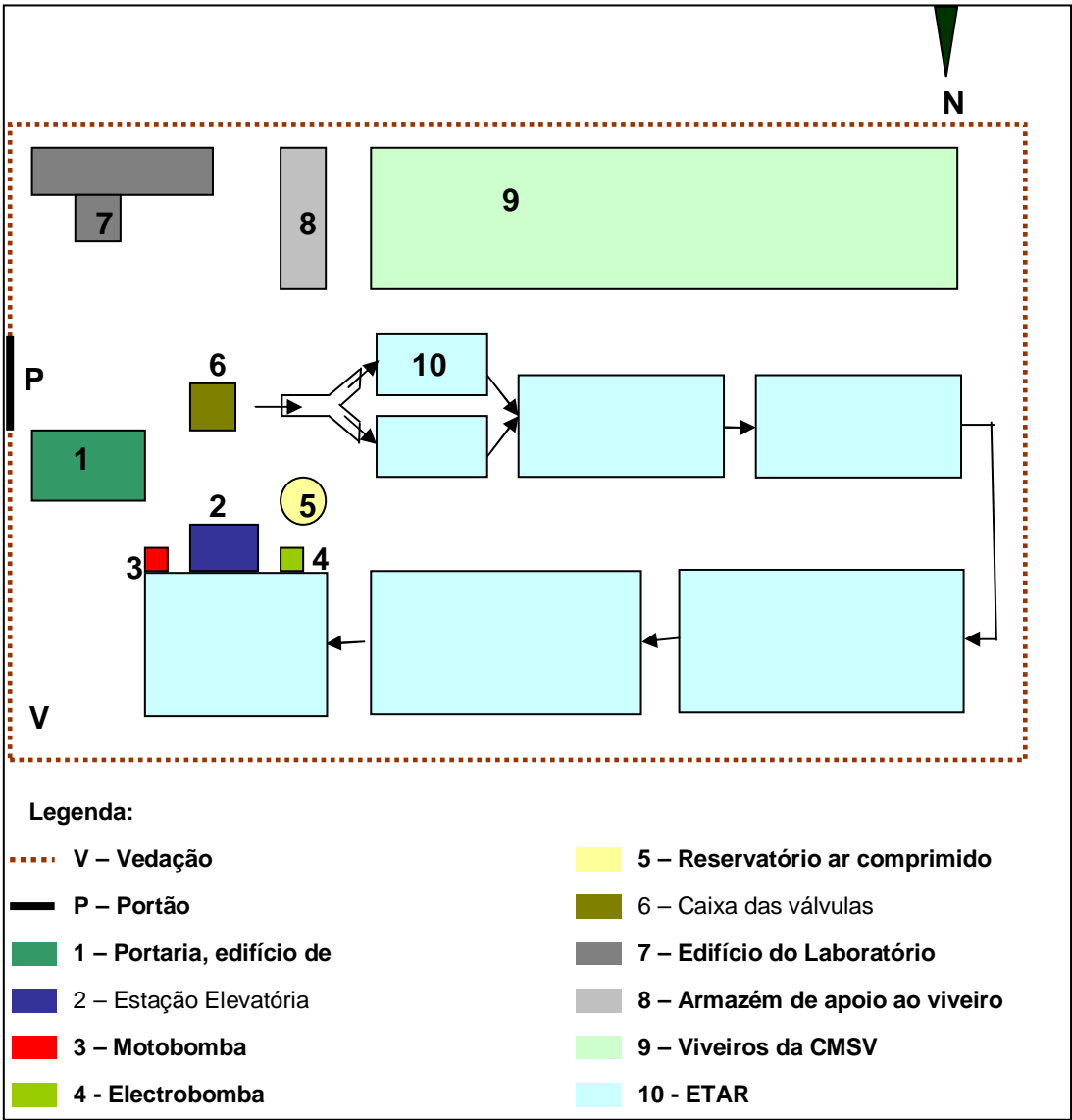
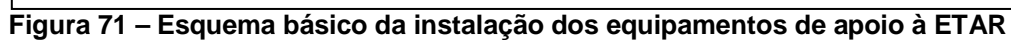


Figura 70 – Esquema básico do perímetro da ETAR



## Estação de Bombagem

### Características

Junto da lagoa de armazenagem (lagoa nº7) localiza-se a estação de bombagem subterrânea, que transporta as águas residuais tratadas da ETAR para seis reservatórios do perímetro de rega do projecto PARI, em Ribeira de Vinha.

A estação de bombagem (figura 72) encontra-se equipada com dois grupos electrobomba de características idênticas (quadro 22), um sistema hidrofor composto por um compressor eléctrico e um reservatório de ar comprimido, um quadro eléctrico de comando e controle dos grupos electrobomba e um pequeno quadro eléctrico de comando e controle do compressor.



**Figura 72 – Estação de bombagem da água residual tratada para o perímetro de rega**

**Quadro 22 – Características dos grupos electrobomba**

Características	Grupo 1		Grupo 2	
	Motor Eléctrico	Bomba	Motor Eléctrico	Bomba
Marca	EFACEC	RITZ Germany	EFACEC	RITZ Germany
Tipo	BF3 225 S2 4	ZHO 402	BF3 225 S2 4	ZHO 402
Número	852267007	200988803	662267008	200988802
Potência (kW)	37	27	37	27
Intensidade (A)	72		72	
Tensão (V)	380		380	
Rotações (rpm)	1470	1470	1470	1470
Caudal (m3/h)		100		100
Altura (m)		60		60

## Estado de Conservação dos Equipamentos

Relativamente aos grupos electrobomba da estação de bombagem de águas residuais, mantém um bom estado de conservação e funcionamento que se deve em parte a reparações recentes no âmbito do projecto PARI. Associados a cada grupo electrobomba existem duas válvulas de isolamento, que aparentemente se encontram em bom estado de conservação, de acordo com as observações realizadas e com as informações do operador da ETAR.

O sistema de ar comprimido não tem estado a ser utilizado, sendo portanto impossível determinar o seu nível de funcionamento, no entanto de acordo com o operador da ETAR o sistema está em bom estado necessitando apenas de ver reparado o filtro do sistema compressor.

## Electrobomba

Um grupo electrobomba está instalado à superfície, ao lado da lagoa de armazenagem (lagoa nº 7), entre a Estação Elevatória e o reservatório de ar comprimido (figura 73). Esta electrobomba de pequenas dimensões é utilizada para bombear água tratada da lagoa de armazenagem para o campo de ensaios agrícolas, viveiros da Câmara Municipal de S. Vicente, localizado dentro do perímetro da ETAR.

Durante as visitas não foi possível observar a electrobomba a trabalhar, pelo que não é possível avaliar o seu funcionamento. Relativamente ao estado de conservação do equipamento seria aconselhável, se não se proceder à substituição do equipamento, pelo menos submeter este grupo a uma revisão, incluindo pintura com produto de protecção.



**Figura 73 – Sistema Hidrofor à esquerda e Electrobomba à direita**

## Motobomba

Também junto à lagoa de armazenagem está instalada uma motobomba. Esta é utilizada para o enchimento dos autotanques que transportam parte do efluente final para irrigação de árvores e jardins da cidade, sendo que o consumo diário para este fim é de cerca de 70 m<sup>3</sup>/d, a capacidade de enchimento desta motobomba é de 1 autotanque de 10 toneladas por cada 7 a 8 minutos.

Foi possível observar esta motobomba a abastecer viaturas autotanques, e aparentemente encontra-se em bom estado de conservação e de funcionamento, apesar de já ser utilizada desde 1985.

Esta motobomba encontra-se montada sobre uma atrelado que possibilita o seu transporte para qualquer local da cidade onde esta seja necessária (figura 74).



Figura 74 - Motobomba

### 5.4.3. INFRA-ESTRUTURAS DE SUPORTE ÀS ACTIVIDADES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

## Laboratório

O laboratório da ETAR, cujo interior se apresenta na figura 75, foi construído em 1997, com o objectivo de ser um instrumento de controlo na estação de tratamento das águas residuais, das culturas ali desenvolvidas e dos solos. De uma forma geral o laboratório foi equipado para atingir esse objectivo e tem equipamentos necessários para realização das análises mais importantes. Para além do equipamento montado dentro do laboratório possui também medidores portáteis de pH, temperatura, condutividade e oxigénio dissolvido.



Figura 75 – Laboratório da ETAR

A utilização do Laboratório tem sido limitada à determinação de parâmetros físicos (pH, condutividade e temperatura) e ao registo de caudais. A totalidade das suas potencialidades só foi utilizada aquando dos estudos académicos sobre o funcionamento da ETAR, realizados pela Universidade de Lund. Este facto deve-se não só à falta de reagentes e de alguns materiais, mas também à falta de técnicos com formação adequada para a realização destas análises.

No entanto a utilização da água tratada para irrigação sem restrições exige a realização de alguns controlos microbiológicos como a determinação de coliformes e outros, pelo que aqui também o projecto PARI interveio com a aquisição de reagentes, meios de cultura e material de laboratório, tornando esta infra-estrutura totalmente operacional.

### **Campo de ensaios agrícolas**

Dentro do espaço destinado à ETAR existe um campo de ensaios agrícolas (figura 76), actualmente conhecido por viveiros da Câmara Municipal, cujo objectivo é o de experimentar, demonstrar e ensinar métodos agrícolas de irrigação apropriados para uso de águas residuais tratadas.

São aqui produzidas algumas das árvores utilizadas para o esforço de reflorestação de algumas zonas da ilha



**Figura 76 – Campo de ensaios agrícolas e viveiros da CMSV**

Desta estrutura fazem parte os seguintes elementos:

- Duzentos e noventa e sete (297) metros de levada para rega;
- Um depósito de 5 m<sup>3</sup> para recolha de água drenada dos canteiros suspensos e respectiva levada de recolha de água com cerca de 25 metros;
- Recuperação de solos pouco permeáveis numa área total de 2.822 m<sup>2</sup>;
- Preparação dos terrenos para ensaios agrícolas numa área total de 10.557 m<sup>2</sup>;
- Preparação dos terrenos para os ensaios florestais numa área total de 4.104 m<sup>2</sup>;
- Quatro reservatórios (aproximadamente de 5 m<sup>3</sup> cada) para recepção de água tratada e posterior distribuição para rega na estação;
- Um reservatório de 5 m<sup>3</sup> de água potável.



## Outras Infra-estruturas

O edifício destinado a oficina e local de produção de plantas é construído em blocos com uma área de cerca de 126 m<sup>2</sup> dividida em quatro espaços distintos, que têm sido utilizados apenas como armazéns, sendo no entanto previsto que dois destes espaços passem a ser utilizados como espaço de mistura e preparação de terra para uso em viveiros e espaço de produção e venda aos agricultores de plantas hortícolas.

O Edifício do ex-laboratório, como é designado, localiza-se logo à entrada da ETAR, com cerca de 45 m<sup>2</sup> (9x5 m) e que funcionou inicialmente como laboratório. É constituído actualmente por 1 armazém de materiais de construção civil, 1 compartimento para os guardas e 1 casa de banho.

À entrada da ETAR existe um posto de transformação privado que abastece, de electricidade, todos os equipamento e infra-estruturas do perímetro. Localiza-se num edifício com cerca de 10,5 m<sup>2</sup> (3,5 x 3 m) e fornece 100 kVA de potência.

### 5.4.4. MANUTENÇÃO DA ETAR

A manutenção das lagoas de estabilização das águas residuais consiste principalmente no controlo do crescimento da vegetação, remoção de qualquer espuma que possa ter formado e que esteja acumulada à superfície, e remoção periódica das lamas acumuladas no fundo das lagoas.

Estas operações estão a ser realizadas com algumas falhas tanto em termos técnicos e operacionais como em termos de periodicidade de intervenção. A remoção de vegetação é feita manualmente de forma irregular apenas nos acesso às lagoas, permitindo-se no entanto que se desenvolva nas margens e dentro das lagoas de tratamento.

A remoção de lamas acumuladas num fundo das lagoas anaeróbias e facultativas foi efectuada apenas uma vez desde que a ETAR entrou em funcionamento, e que ocorreu durante a fase de recuperação do sistema de saneamento no âmbito do projecto PARI. É de referir que apesar da periodicidade desejável não estar a ser cumprida, o modo de operação foi adequado ao sistema existente. O processo de remoção foi independente em cada lagoa, tendo sido numa primeira fase retirada a água residual, e depois de uma fase de secagem de lamas procedeu-se à remoção manual das mesmas.

A remoção de espumas e materiais flutuantes é também importante para o bom funcionamento do sistema, e tem sido realizada de forma correcta e com a periodicidade adequada. Tem-se mantido uma pequena camada de materiais flutuantes na superfície das

lagoas anaeróbias que reduzem a entrada de luz solar facilitando a manutenção das condições anaeróbias. Nas lagoas facultativas e de maturação estes materiais são removidos na sua totalidade.

A manutenção dos grupos electrobomba tem sido apenas curativa e não preventiva, ou seja, apenas quando um dos componentes deixa de funcionar é que se procede à sua substituição, não existindo até ao momento qualquer plano de manutenção para os equipamentos da ETAR. Actualmente sempre que surge alguma avaria a Câmara Municipal de S. Vicente contacta a empresa responsável pela manutenção e substituição de equipamentos, a SEFI, que faz deslocar uma equipa ao local para proceder à reparação. Até ao momento todas as intervenções desta empresa são pontuais não existindo qualquer contrato de manutenção entre a empresa e a Câmara. Como tal também não existe qualquer plano de manutenção para estes equipamentos.

Das funções diárias do operador da ETAR ou do seu ajudante faz parte também a remoção de detritos e limpeza manual dos canais de entrada e saída de água das lagoas, para evitar acumulação e futura obstrução.

No canal de entrada da água residual na ETAR estão instalados um medidor de caudal e um condutivímetro, cujos sensores são limpos com alguma regularidade, embora não de forma sistemática e periódica (figura 77). A calibração destes equipamentos, indispensável à obtenção de dados fiáveis é realizada apenas quando se julga necessário, e não mensalmente como se aconselha do manual de operação dos aparelhos.



**Figura 77 – Inspeção do sensor do medidor de caudal instalado à entrada da ETAR**

Uma vez que as operações de manutenção e inspecção não seguem um plano predefinido, no quadro da página seguinte apresentam-se as periodicidades aconselhadas para cada operação:



**Quadro 23 - Periodicidade aconselhada para as operações de manutenção dos equipamentos**

<b>Operação</b>	<b>Periodicidade aconselhada</b>
Remoção de vegetação	Diária
Remoção de lamas	Sempre que as lamas atinjam a meia altura da lagoa, ou a cada 5 anos
Remoção de materiais flutuantes e escumas	Diária
Manutenção da estação de bombagem	Mediante Plano de Manutenção (a elaborar)
Limpeza dos canais de acesso às lagoas	Diária
Limpeza do sensor do medidor de caudal e do condutivímetro	Diária
Calibração do medidor de caudal e do condutivímetro	Mensal
Inspecção dos restantes outros equipamentos	Mediante Plano de Manutenção (a elaborar)

## **5.5. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA PARA IRRIGAÇÃO DE CAMPOS AGRÍCOLAS**

### **5.5.1. ENQUADRAMENTO**

O PARI – Projecto de Reutilização de Águas Residuais para Irrigação, é um projecto do Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas de Cabo Verde (MAAP) que visa a utilização de água residual tratada na agricultura, de forma a fazer face a parte dos problemas gerados pela escassez de água que se verifica no território. A rede de recolha, transporte e tratamento de águas residuais, existente desde 1987, tem-se desenvolvido mediante as sucessivas fases do Plano Sanitário do Mindelo (PSM), sempre com o objectivo final do reaproveitamento das águas residuais tratadas. No entanto só durante o ano de 2005 o Projecto PARI entrou na sua fase final, após uma sucessão de estudos e de intervenções nas infra-estruturas do sistema de saneamento, permitindo que os agricultores da zona de Ribeira de Vinha beneficiassem finalmente deste projecto.

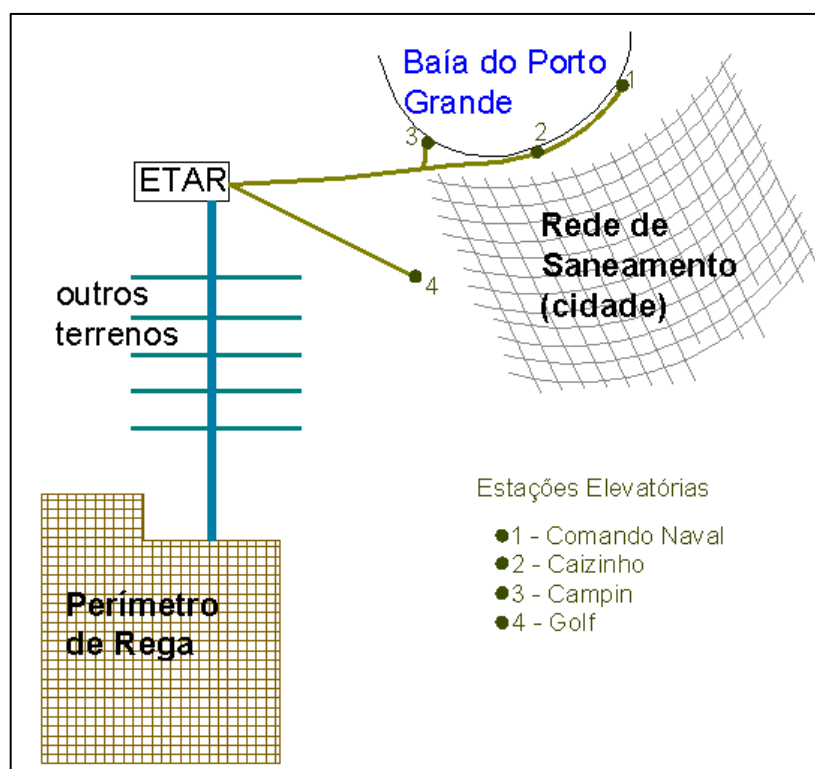
### **5.5.2. INTERVENÇÕES NO SISTEMA DE SANEAMENTO**

O Projecto PARI depende da rede de recolha e transporte e do sistema de tratamento de água residuais para fornecer a água residual tratada. Como tal na fase preparatória foram desencadeadas obras de intervenção para recuperação destas infra-estruturas, ao mesmo tempo que se preparavam as infra-estruturas específicas do projecto:

- Estação de bombagem de água residual tratada da ETAR;
- Conduta de transporte de água tratada da ETAR para o perímetro de rega de Ribeira de Vinha, e ligações intermédias;
- Perímetro de rega de Ribeira de Vinha;
- Sistema de armazenagem e rega dos terrenos beneficiários deste projecto.

Estas infra-estruturas e toda a preparação e gestão do projecto PARI são da responsabilidade da Direcção Regional do Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas (DR-MAAP). Apesar dos elementos constituintes do sistema de saneamento do Mindelo, não fazerem parte do projecto PARI, e serem da responsabilidade da CMSV, o MAAP teve de financiar as intervenções efectuadas para melhorar o seu funcionamento.

Na figura seguinte é apresentado um esquema de enquadramento das infra-estruturas da rede de saneamento integrada com os constituintes do projecto PARI:



**Figura 78 - Esquema das infra-estruturas da rede de saneamento e dos constituintes do PARI**

### Obras de Preparação para o arranque do projecto

Quando em Abril de 2003 se retomou o projecto PARI foi reunida uma equipa para realizar o levantamento das necessidades e para coordenar as intervenções ao nível das infra-estruturas, de que dependia o funcionamento do projecto. Para a recuperação do sistema de saneamento foram realizadas obras, tanto na ETAR como nas estações de bombagem existentes na rede de saneamento.

A ETAR, que não havia sido submetida a obras de manutenção desde que foi instalada, foi intervencionada entre 2003 e 2005, nas seguintes componentes:

- Limpeza e reparação das lagoas,
- Obras de correcção torrencial pela construção de muros para desviar torrentes de água das cheias,
- Recuperação da área adjacente ao perímetro da ETAR que incluiu a recolocação da vedação à volta do perímetro e a reabertura da vala exterior para retenção de águas.

Nas infra-estruturas da rede de saneamento as intervenções foram nos seguintes pontos:

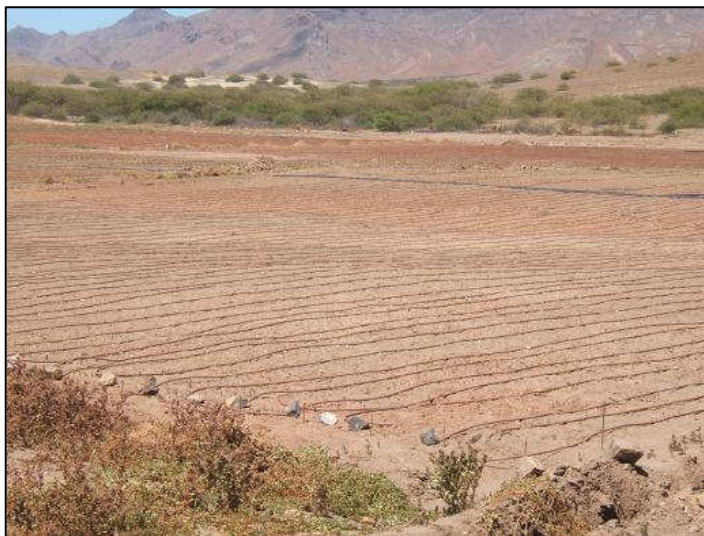
- Obras de recuperação das infra-estruturas,

- Substituição ou reparação dos quadros eléctricos e grupos electrobomba nas três estações de bombagem principais e na estação de bombagem da água residual tratada da ETAR.

### 5.5.3. DADOS DO PROJECTO

O Perímetro de Rega, apresentado em parte na figura 79, localiza-se na zona de Ribeira de Vinha, a cerca de 3 km da ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais. O local de 30 ha de extensão encontra-se vedado e totalmente equipado para a irrigação gota a gota de diferentes tipos de cultura.

O perímetro está dividido em 95 fracções de 3.000m<sup>2</sup>, entregues à exploração de 95 beneficiários. A área cultivável total é de cerca de 22,2ha, sendo os restantes 1,5 ha utilizados para acessos e para instalação dos equipamentos de armazenagem e distribuição da água tratada.



**Figura 79 – Perímetro de rega do projecto PARI, em vésperas da inauguração**

Dentro do perímetro existem 6 reservatórios de betão (figura 80), com capacidade de armazenagem de 300 m<sup>3</sup>, que recebem directamente da ETAR a água tratada própria para irrigação, através de uma conduta única em PVC com 3 km de extensão. À saída de cada reservatório existem cabeçais de rega, responsáveis pela distribuição de água às fracções do perímetro.



**Figura 80 – Reservatório do perímetro de rega do projecto PARI, a receber pela primeira vez água residual tratada**

Em cada uma das 95 fracções foram colocados contadores de água e canais de rega equipados com tubagens de dois diâmetros diferentes, para irrigação gota a gota, de diferentes tipos de culturas.

Ao longo da condução de transporte das águas residuais da ETAR para o perímetro foram instalados 5 ramais duplos para abastecimento dos terrenos adjacentes, contemplando assim os cerca de 50 proprietários das imediações com água residual tratada também.

De acordo com os dados do projecto a estrutura de rega existente actualmente irá consumir entre 1.400 m<sup>3</sup>/d e 1.800 m<sup>3</sup>/d de água tratada, sendo que esta água deverá ser fornecida ao perímetro e aos agricultores localizados fora da área vedada, de acordo com a calendarização apresentada no quadro 24.

**Quadro 24 – Calendarização do abastecimento de água aos agricultores**

2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Beneficiários do Perímetro de Rega	Agricultores fora do Perímetro	Beneficiários do Perímetro de Rega	Beneficiários do Perímetro de Rega	Agricultores fora do Perímetro	Beneficiários do Perímetro de Rega	
8h – 16h	8h – 16h	8h – 16h	8h – 16h	8h – 16h	8h – 13h	

#### 5.5.4. DADOS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

De acordo com a informação obtida junto da coordenadora do Projecto PARI, as únicas normas de qualidade da água residual tratada para utilização na rega, que se estão a considerar para o projecto, são as normas da OMS (Organização Mundial de Saúde), apresentadas anteriormente.

Apesar de se aconselhar o cumprimento dos valores tabelados da OMS, foram já realizados vários estudos sobre a irrigação de culturas com águas residuais tratadas. Sendo que os resultados obtidos sugerem que para a técnica de irrigação gota a gota e para o tipo de culturas permitidas no perímetro de rega, não será necessário cumprir com os valores tabelados, podendo mesmo em alguns estudos o valor de Coliformes Fecais ser entre 13 a 100 vezes superior ao valor apresentado pela OMS.

Perante estes estudos consultados, a responsável pelo projecto admite que os valores da OMS sejam ultrapassados, salvaguardando que desde que as técnicas de cultivo sejam sempre as previstas, a qualidade da água não irá afectar as culturas.

#### 5.5.5. ORIENTAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

A Direcção Regional do Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas, preparou e ministrou diversas acções de formação acerca do projecto PARI, tendo em vista a capacitação dos beneficiários e trabalhadores agrícolas, bem como de outros intervenientes directamente associados ao projecto.

Nestas acções de formação foram abordadas as técnicas de cultivo para as diferentes culturas, as técnicas de irrigação implementadas nas áreas de rega e o tipo de culturas que se deveriam privilegiar. Com o objectivo de produzir alimentos de qualidade foram impostas as seguintes limitações:

- A técnica de irrigação implementada e que deverá ser sempre utilizada é por sistema de gota-a-gota, desta forma reduz-se o contacto entre a água residual tratada utilizada para irrigação e os alimentos;
- Devem ser privilegiadas as culturas de forragens de animal, árvores de fruto, e de produtos hortícolas que sejam habitualmente consumidos cozinhados;
- Caso se produzam culturas para consumo fresco, o contacto directo com a água de irrigação deverá inexistente.

Nestas acções de formação foram ainda focados os princípios básicos de higiene, segurança e saúde associados à produção agrícola focada para o sistema de produção instalado no PARI. Para esta abordagem foram seleccionados para formação directa os trabalhadores agrícolas e os proprietários, tendo ainda sido passada informação aos comerciantes que trabalham no mercado local.

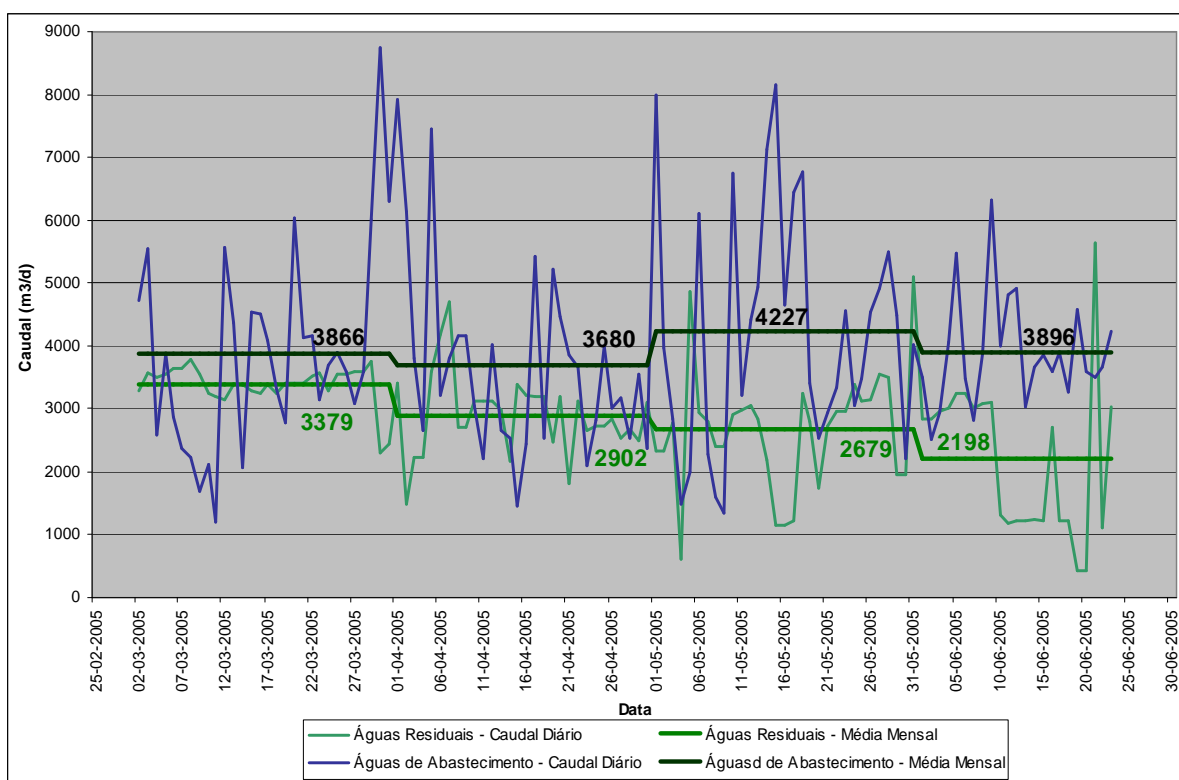
## 6. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO, CABO VERDE

### 6.1. BALANÇO HÍDRICO

#### 6.1.1. DA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO À RECOLHA DAS ÁGUAS RESIDUAIS

Com o objectivo de tentar validar os valores obtidos pelo medidor de caudal instalado à entrada da ETAR, fez-se uma análise dos dados dos caudais diários de água potável distribuída pela ELECTRA para a cidade do Mindelo, durante o mesmo período de análise dos dados da ETAR. Deste estudo resultou o gráfico apresentado na figura 81.

Da análise deste gráfico não se pode afirmar se existe ou não uma relação directa entre a água distribuída diariamente e a água residual recolhida. Aparentemente em três dos meses analisados a produção de água residual variou de acordo com o consumo de água para abastecimento, no entanto no mês considerado de referência essa relação aparentemente deixou de existir.



**Figura 81 - Evolução dos Caudais diários e das médias diárias de Água Potável distribuída e Água Residual encaminhada para tratamento**

Estes resultados podem significar que efectivamente a distribuição geográfica da rede de abastecimento de água potável é diferente da distribuição geográfica de rede de colectores de águas residuais. Sendo que podem existir locais onde a rede de distribuição de água de

abastecimento já exista e no entanto não estão ainda servidos pela rede de colectores. Uma outra explicação plausível é que para além das perdas nas estações de bombagem por avaria das mesmas, ocorram perdas de água residual na rede de colectores, maiores do que as previstas, ou mesmo nos emissários que transportam os esgotos para a ETAR. Pode ainda dar-se o caso de roubos de água de abastecimento ou mesmo de água residual bruta, como já aconteceu anteriormente. Para eliminar esta hipótese deverão ser efectuados testes nos vários elementos da rede de saneamento.

Deverá ser realizado um estudo de comparação do caudal de águas residuais que é bombado por cada uma das estações elevatórias para a ETAR, e o caudal que efectivamente segue para tratamento. Este procedimento poderá detectar qualquer fuga que esteja a ocorrer no sistema de transporte das águas residuais.

### 6.1.2. ÁGUA RESIDUAL NAS ESTAÇÕES DE BOMBAGEM

Apesar de serem conhecidas as capacidade de bombagem de cada grupo motobomba, não é conhecido o número de horas que cada bomba funciona diariamente. Seria aconselhável que se comesçassem a criar registos para esta informação. No entanto para ter uma ideia do possível caudal diário bombeado por cada uma das estações elevatórias, admitiu-se que cada estação trabalhava um número teórico de horas, tal como é apresentado no quadro 25.

**Quadro 25 – Estimativa do número de horas de funcionamento de cada estação de bombagem da rede de saneamento**

<b>Estações de Bombagem</b>	<b>Caudal Bombado</b>	<b>Nº de horas de bombagem (estimativa)</b>	<b>Caudal diário (estimativa)</b>
<b>Comando Naval</b>	36 m <sup>3</sup> /h	12	432 m <sup>3</sup> /d
<b>Caisinho</b>	120 m <sup>3</sup> /h	16	1.920 m <sup>3</sup> /d
<b>Campin</b>	36 m <sup>3</sup> /h	12	432 m <sup>3</sup> /d
		<b>Total</b>	<b>2.784 m<sup>3</sup>/d</b>

Nesta análise não foi considerada a estação de bombagem do Golf uma vez que não se encontrava em funcionamento regular, à data da recolha dos dados (2005).



### 6.1.3. USOS DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

Desde o início dos Planos Sanitários do Mindelo, a água residual era vista como uma fonte de rendimento e como mais uma fonte de produção de água tratada para irrigação. Assim, seguindo essa tendência, actualmente a água residual produzida tem como único destino a rega.

#### **Consumos de Água Residual Tratada**

A água residual tratada tem como destinos o abastecimento do perímetro de rega do projecto PARI, a irrigação dos viveiros da Câmara Municipal de S. Vicente e a rega das zonas verdes da cidade do Mindelo através de autotanques.

O projecto PARI, prevê a utilização de água residual tratada na irrigação de 30 ha do perímetro de rega localizado em Ribeira de Vinha, sendo que actualmente se calcula que seja necessário fornecer entre 1.400 a 1.800 m<sup>3</sup>/d de água residual tratada. Este fornecimento não será contínuo, devendo ser feito apenas quando houver necessidades de água no perímetro de rega.

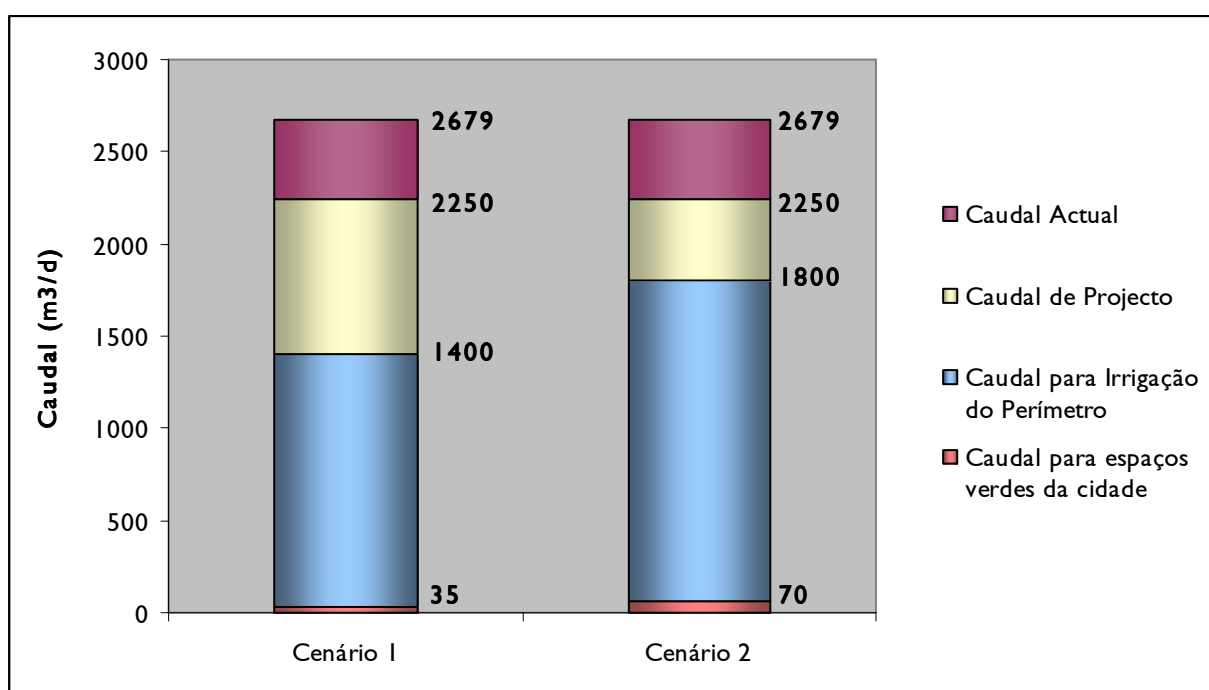
Os viveiros da CMSV, sempre que necessitam de água, reportam o facto ao operador da ETAR que procede ao arranque manual da electrobomba de pequena capacidade que está colocada junto da lagoa 7, de onde é também retirada a água para irrigação. Apesar de ser uma tarefa quase diária, não existem registos dos consumos na irrigação dos viveiros.

Actualmente existem 2 autotanques a efectuar o serviço de irrigação dos espaços verdes da cidade, sendo que aquando do abastecimento com água tratada na ETAR é preenchida uma folha de registo. Desta forma foi possível determinar o consumo médio de água para este fim. O autotanque de 10 m<sup>3</sup> vai abastecer-se à ETAR entre 2 a 4 vezes por dia, o que dá cerca de 20 a 40 m<sup>3</sup> diários para irrigação, o outro autotanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidade abastece-se entre 3 a 6 vezes por dia, equivalendo a uma média diária entre os 15 e os 30 m<sup>3</sup> diários. Calculando chega-se aos valores mínimo e máximo de 35 e os 70 m<sup>3</sup> diários, para irrigação das zonas verdes da cidade.

No quadro 26 e na figura 82 resumem-se os valores conhecidos de consumos para cada uma das utilizações da água residual tratada proveniente da ETAR:

**Quadro 26 – Valores de caudal de água residual produzida e dos usos da água tratada**

Caudal de água residual afluyente à ETAR	2.679 m <sup>3</sup> /d
Caudal de projecto aconselhado	2.250 m <sup>3</sup> /d
Caudal mínimo para irrigação dos campos do PARI	1.400 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo para irrigação dos campos do PARI	1.800 m <sup>3</sup> /d
Caudal utilizado para rega dos viveiros da CMSV	nd
Caudal utilizado para rega dos espaços verdes	105 m <sup>3</sup> /d

**Figura 82 - Produção e Usos da Água Residual**

É de referir que neste gráfico (figura 82) não é considerado o valor da evaporação da água que se dá sempre na ETAR, ao longo de todo o ano, pois para caudais muito elevados a evaporação é muito pequena quando comparada com o caudal afluyente à estação.

De acordo com a pesquisa realizada, para o caudal afluyente dentro dos valores em estudo, a evaporação deverá ser inferior a 10% do Caudal Afluyente, ou seja deverá ser cerca de 268 m<sup>3</sup>/d.

## Determinação do excedente de água residual tratada

Perante estes consumos previstos foram determinados os excedentes de água residual tratada.

Analisando estes valores é possível verificar, que com os usos da água identificados e quantificados (em parte), é produzida água tratada em excesso, mesmo considerando um valor de evaporação de cerca de 10% do caudal afluente. Isto acontece tanto para o caudal actual afluente como para o caudal de projecto desejado, como se pode verificar no quadro seguinte:

**Quadro 27 – Excedente de água residual tratada produzida para cada um dos cenários considerados**

	Consumos / Caudais
<b>Caudal de água residual afluente à ETAR</b>	2.679 m <sup>3</sup> /d
<b>Evaporação prevista</b>	268 m <sup>3</sup> /d
<b>Consumos previstos</b>	1.870 m <sup>3</sup> /d
<b>Total de consumos e evaporação</b>	2.138 m <sup>3</sup> /d
<b>Excedente face ao caudal actual</b>	541 m <sup>3</sup> /d
<b>Caudal de projecto aconselhado</b>	2.250 m <sup>3</sup> /d
<b>Evaporação prevista</b>	225 m <sup>3</sup> /d
<b>Consumos previstos</b>	1.870 m <sup>3</sup> /d
<b>Total de consumos e evaporação</b>	2.095 m <sup>3</sup> /d
<b>Excedente face ao caudal de projecto</b>	155 m <sup>3</sup> /d

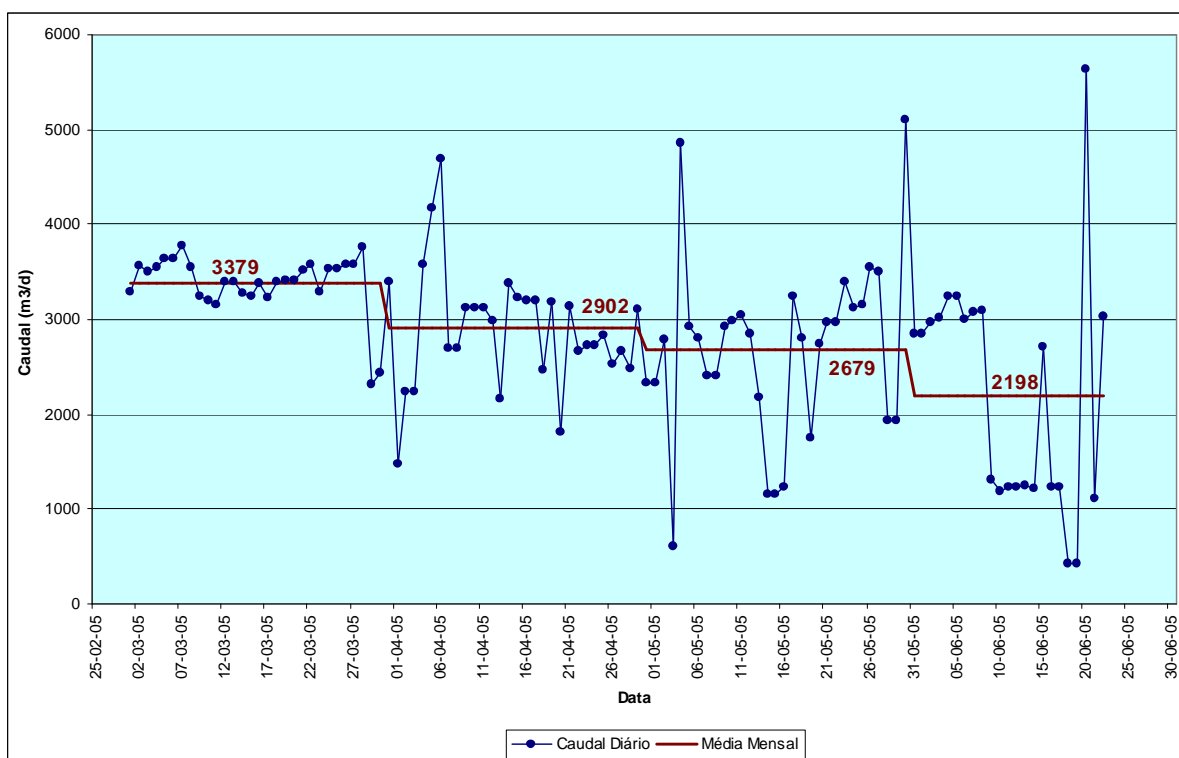
Se estas previsões se mantiverem ou mesmo aumentarem em termos de excesso de água tratada produzida, deverá ser pensada numa solução para eliminação ou redução do excesso. Essa solução poderá passar pela redução de água afluente à ETAR que poderia também trazer benefício em termos de qualidade final do efluente. Ou poderia ainda ser pensada numa solução de criação de um novo destino para a água em excesso, o que não deverá ser difícil numa ilha onde toda a água existente é rapidamente consumida. Esta solução passaria pela construção de um novo sistema de tratamento de água residual perto da actual rede de saneamento, ou pela ampliação da actual ETAR, que permitisse tratar a água residual produzida, aumentar a eficiência de tratamento, conferindo ao efluente final uma qualidade superior para utilização sem restrições na irrigação de campos agrícolas.

## 6.2. SISTEMA DE TRATAMENTO

### 6.2.1. DINÂMICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

#### Caudal

O caudal afluente à ETAR não é constante ao longo do dia nem durante a semana, pois depende dos caudais bombados pelas Estações Elevatórias de água residuais existentes na cidade do Mindelo. Apesar destas limitações em termos de funcionamento das estações de bombagem, já referidas anteriormente, foi feita uma avaliação do caudal afluente à ETAR, de acordo com os registos do medidor de caudal, apresentados na figura 83.



**Figura 83 - Evolução do Caudal Diário afluente à ETAR entre Março e Junho de 2005**

Para a melhor compreensão da amplitude dos dados representados no gráfico, dão-se as seguintes informações:

- Até ao início do mês de Maio de 2005 não havia sido feita qualquer calibração do medidor de caudal desde a época do estudo realizado pela Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1991)), pelo que se devem considerar os dados existentes até essa data como dados a necessitar validação;

- Até ao início do mês de Junho apenas estavam em funcionamento 3 estações de bombagem da cidade (Comando Naval, Caisinho e Campin), apresentando no entanto várias irregularidades por falta de manutenção;
- Ainda sucede com alguma frequência que as estações de bombagem deixem de funcionar, ficando um período completamente paradas que pode ir de umas horas até meses;
- As medições de caudal são registadas pelo operador da ETAR diariamente, de 2ª feira a sábado, sempre durante o período da manhã, no entanto nem sempre à mesma hora, mas regularmente entre as 08:00 e as 11:00. O caudal afluente à ETAR durante o dia de domingo e aos feriados aparece sistematicamente registado no valor acumulado medido à segunda-feira, tal acontece por não se deslocar nenhum funcionário à ETAR durante esses dias.

Para a análise do sistema em termos de caudal foi utilizado o valor do caudal do mês mais representativo em termos de quantidade e qualidade de dados obtidos – mês de Maio. A escolha deste mês está ligada não só ao facto de só em Abril se ter feito a calibração e limpeza do medidor de caudal, mas também pelo facto de estarem a funcionar as 3 maiores estações de bombagem de entre as 4 existentes na rede de colectores: Comando Naval e Campin (de igual capacidade) e Caisinho (estação de maior capacidade). O mês de Junho poderá ser considerado atípico até mesmo para referência para os próximos meses pois a estação de bombagem do Golf esteve a funcionar em período experimental e a estação principal do Caisinho teve períodos de funcionamento interrompidos por avarias e manutenções sucessivas.

O caudal médio diário neste mês (Maio) foi de  $2.679 \text{ m}^3/\text{d}$ , e aparentemente é o valor mais representativo de todas as leituras efectuadas até à data, estando próximo do valor médio global obtido ( $2.825 \text{ m}^3/\text{d}$ ).

Como se pode verificar pelo gráfico, apesar de se terem vindo a registar decréscimo significativos do caudal afluente à ETAR, o valor médio de caudal é ainda superior ao caudal para que foi projectada a ETAR, que segundo a bibliografia é de  $2.250 \text{ m}^3/\text{d}$ . Esta diferença, de cerca de 20%, poderá ter resultados significativamente negativos no que refere à eficiência de remoção para alguns dos parâmetros e portanto quanto à eficiência de tratamento da água residual, pois significa que para o caudal afluente a ETAR está actualmente sub-dimensionada.

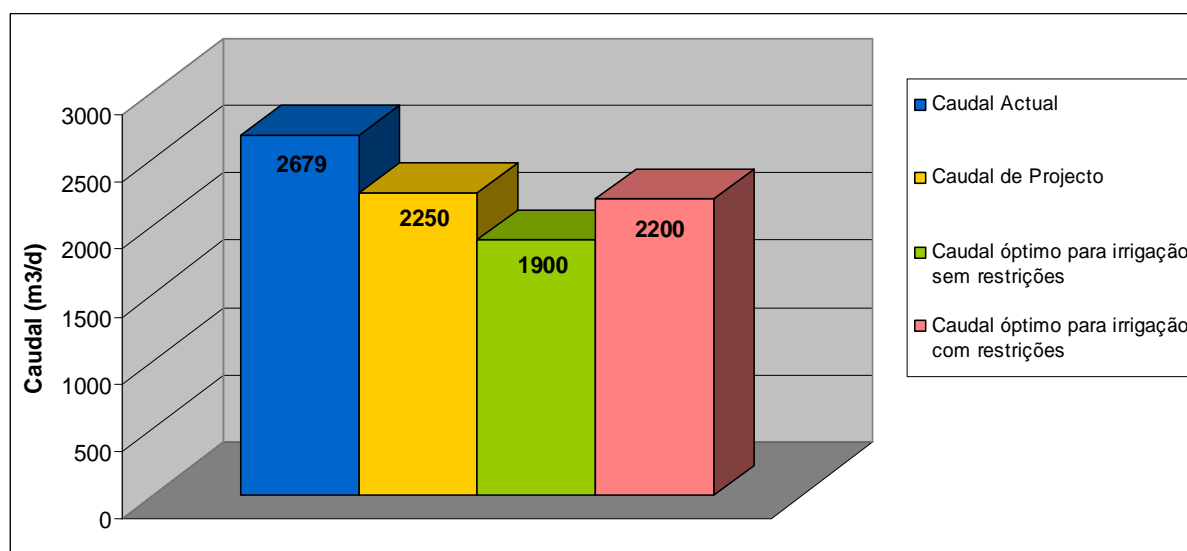
De acordo com o estudo sueco (Universidade de Lund), para um tratamento eficaz para irrigação sem restrições de culturas e para a configuração actual da ETAR, o caudal máximo

admissível seria de 1.900 m<sup>3</sup>/d. No entanto se se optar pela irrigação com restrições a algumas culturas (deixando de parte a irrigação de produtos consumidos frescos), o caudal máximo admissível à ETAR seria de 2.200 m<sup>3</sup>/d (quadro 28 e figura 84).

**Quadro 28 – Valores de caudal real, de projecto e teórico desejável**

Caudal	Valor
Caudal médio diário actual	2.679 m <sup>3</sup> /d
Caudal médio diário de projecto	2.250 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo diário admissível para rega sem restrições *	1.900 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo diário admissível para rega com restrições *	2.200 m <sup>3</sup> /d

\* - Dados do estudo efectuado de Rodrigues, Rangeby (1997)



**Figura 84 - Representação gráfica dos caudais actual, de projecto e teóricos desejáveis para irrigação com e sem restrições** (Adaptado de: Rodrigues, Rangeby (1997))

Perante uma análise gráfica do caudal afluente à ETAR verifica-se que a capacidade da estação de tratamento está ultrapassada para alcançar os objectivos a que se propunha, que eram o tratamento de águas residuais da cidade do Mindelo para futura utilização da água tratada na irrigação de culturas com valor comercial.

Este cenário tende a piorar visto que está prevista a ampliação da rede de colectores dentro da cidade para recolher a maior parte das águas residuais actualmente produzidas, aumentando desta forma o caudal.

## Tempo de Retenção

O tempo de retenção é um dos factores que mais influência tem sobre os sistemas de tratamento de águas residuais, particularmente sobre os sistemas de lagunagem.

O tempo de retenção é determinado pela fórmula seguinte, e depende do caudal afluente e do volume de cada lagoa:

$$t_r = \frac{V}{Q}$$

Perante a situação actual com o caudal médio diário de 2.679 m<sup>3</sup>/d, os tempos de retenção para cada uma das lagoas e para a globalidade do sistema são apresentados no quadro 29, em comparação com os tempos de retenção teóricos mínimos necessários para garantir os níveis desejados de tratamento.

**Quadro 29 – Tempos de retenção calculados para a situação actual**

Lagoa	Volume (m <sup>3</sup> )	Tempo de Retenção actual	Tempo de Retenção mínimo desejável
1 - Anaeróbia	3.300	2,5	3,5
2 - Anaeróbia	3.300	2,5	3,5
3 - Facultativa	9.400	3,5	5,0
4 - Facultativa	9.400	3,5	5,0
5 - Maturação	12.200	4,6	6,4
6 - Maturação	8.700	3,2	4,6
7 - Armazenagem	4.100	1,5	-
<b>Total</b>	<b>50.400</b>	<b>15,8</b>	<b>24,5</b>

De acordo com a bibliografia consultada os tempos de retenção para as diversas lagoas deveria ser bem diferente do que o que actualmente se verifica.

Para aumentar o tempo de retenção global, e assim melhorar o sistema de tratamento, dever-se-ia reduzir o caudal de água afluente à ETAR, de preferência para o valor próximo dos 1.900 m<sup>3</sup>/d. Nesta situação seria aconselhável que a gestão dos tempos de retenção dentro de cada uma das lagoas fosse feita pelo operador da ETAR utilizando as válvulas e



ligações entre lagoas, permitindo a passagem ou impedindo-a de forma a regular o tempo de retenção em cada uma delas.

Fazendo a análise do tempo de retenção em relação com a eficiência de remoção de carga poluente constata-se que, apesar de não se cumprirem os tempos de retenção desejados, a remoção de coliformes fecais está a ser eficaz uma vez que ultrapassa os 95% (Rodrigues, Rangeby (1997)).

Com o objectivo de melhorar a eficiência global de tratamento propõe-se que o tempo de retenção da água nas lagoas de maturação seja aumentado, diminuindo o afluxo de água. Para se efectivar este procedimento sugere-se que a água destinada à irrigação dos viveiros e ao abastecimento dos autotanques seja retirada no fim da lagoa facultativa nº 4. Desta forma ao diminuirmos o caudal afluente às lagoas 5 e 6 estamos a promover a melhoria da qualidade da água final, que será utilizada para irrigação dos campos do projecto PARI

#### 6.2.2. QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUAL NA ETAR

Desde o início da exploração da ETAR têm sido realizadas análises à água residual, em diversos pontos de amostragem e a alguns parâmetros indicativos da qualidade da água que entra, circula e sai da ETAR. Estas análises são realizadas no laboratório instalado no perímetro da ETAR, e são levadas a cabo pelos técnicos que trabalham na CMSV.

Apesar de existir programa de amostragem e análise da qualidade da água, este nunca foi cumprido pela sistemática falta de equipamento e reagentes para realizar as análises, e também pela falta de formação adequada dos técnicos que trabalham no laboratório. Apesar da notória falta de recursos humanos e técnicos, ainda impera alguma boa vontade por parte de quem aqui exerce a sua profissão, pelo que têm sido mantidos registos das reduzidas análises de água que são efectuadas apenas a alguns parâmetros, como caudal, condutividade, temperatura, pH, CQO, OD, nitratos, fosfatos.

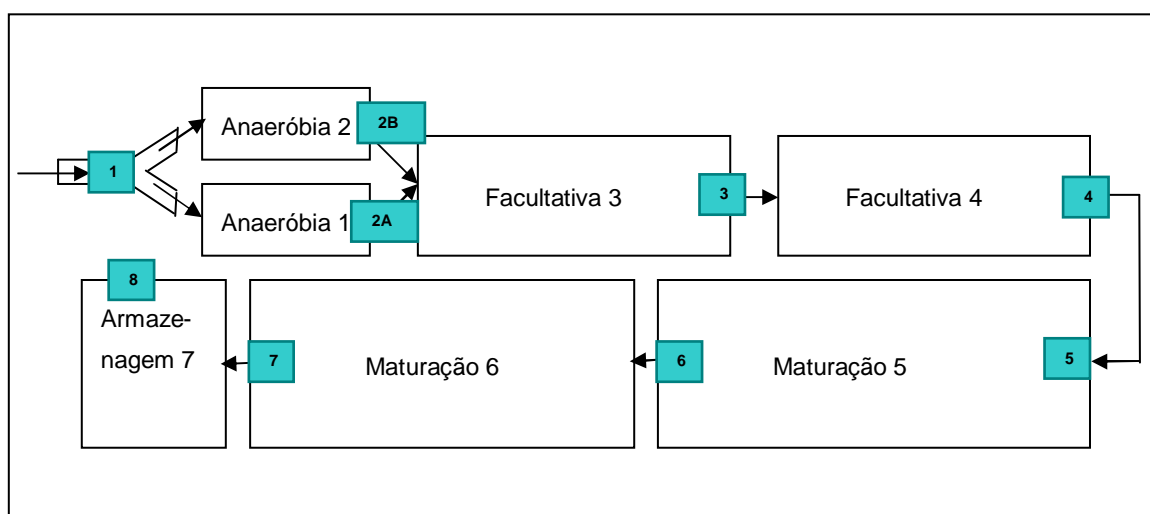
Em 1997, ao contrário dos restantes anos de funcionamento da ETAR, foi realizada uma campanha de análise da qualidade da água, no âmbito do estudo académico da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1997)). Esta campanha permitiu perceber o funcionamento da ETAR e resultou em conclusões que podem ainda ser utilizadas para a análise actual do sistema de tratamento.

Apesar das campanhas de amostragem não serem muito frequentes, sempre que se recolhe uma amostra de água para análise laboratorial, é registado o ponto de amostragem respectivo. A definição dos pontos de amostragem existe já desde o início da exploração da

ETAR e têm-se mantido sempre a mesma referência/numeração, o que permite a comparação dos valores obtidos em períodos diferentes. Os pontos de amostragem considerados são os que se apresentam no quadro 30 e que são localizados na figura 85.

**Quadro 30 – Descrição da localização dos pontos de amostragem**

Ponto	Localização
1	Entrada da ETAR
2A	Saída da lagoa anaeróbia 1
2B	Saída da lagoa anaeróbia 2
3	Saída da lagoa facultativa 3
4	Saída da lagoa facultativa 4
5	Entrada da lagoa de maturação 5
6	Saída da Lagoa de maturação 5
7	Saída da lagoa de maturação 6
8	Saída da lagoa de armazenagem para a estação elevatória



**Figura 85 – Localização e identificação dos pontos de amostragem na ETAR**

### Estudo da Universidade de Lund - 1997

A Universidade de Lund, constituiu equipas para o estudo do Sistema de Saneamento da cidade do Mindelo, que incluíram estudos sobre a performance da ETAR. Estes estudos decorreram entre 1994 e 1995, tendo sido lançada uma publicação em 1997 com dados da ETAR, bastante completa, sendo até ao momento o único estudo efectuado neste âmbito.

## Resultados obtidos durante o estudo

Nesta publicação da Universidade de Lund, são apresentados os valores médios de vários parâmetros, nos pontos de amostragem analisados, durante períodos de caudal diferentes. No quadro 31 apresentam-se os valores obtidos durante o estudo, com um caudal afluente à ETAR de 1.750 m<sup>3</sup>/dia.

Os pontos de amostragem referenciados localizam-se nos locais indicados na figura 85, ou seja:

1 – Entrada da ETAR

2 – Média de valores obtidos à saída das duas lagoas anaeróbias

4 – Saída da série de lagoas facultativas

7 – Saída da série de lagoas de maturação

8 – Saída da lagoa de armazenagem para o perímetro de rega

**Quadro 31 – Resultados obtidos no estudo da Universidade de Lund** (Rodrigues, Rangeby (1997))

Parâmetros	Unidades	Resultados por Ponto de Amostragem				
		1	2	4	7	8
Caudal	m <sup>3</sup> /d	1.750				
Alcalinidade	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	962	1.287	1.189	585	493
Cloretos	mg/l	553	464	482	505	501
CQO filtrado	mg/l	2.275	430	341	258	226
CQO n filtr.	mg/l	746	886	534	486	445
Coliformes Fecais	Nº/100 ml	40.000.000	4.400.000	620.000	20.000	2.300
Azoto Total	mg/l	266	273	215	142	115
Azoto Amoniacal	mg/l	205	226,3	152,4	49,8	27,5
Nitratos	mg/l	4,3	2,76	2,19	4,36	4,8
Fósforo Total	mg/l	31,8	29,8	32,5	28	27,4
Sólidos Suspensos	mg/l	981	202	211	179	125
Sólidos Susp. Voláteis	mg/l	809	108	158	125	97
Condutividade	mS/cm	3,38	3,57	3,16	2,68	2,62
pH	-	7,11	7,13	7,75	7,57	7,71

### Previsões relativas à qualidade da água

Para além de estudar o funcionamento da ETAR durante os quatro períodos de amostragem, o trabalho da Universidade de Lund apresenta também previsões de qualidade da água perante vários cenários de água residual produzida e de configurações da ETAR.

Para a configuração actual da ETAR, e com um caudal médio diário de cerca de 3.900 m<sup>3</sup>/dia previsto, os valores estimados para a qualidade da água residual bruta são os que se apresenta no quadro seguinte:

**Quadro 32 – Valores previstos para um caudal de 3900m<sup>3</sup>/d** (Fonte: Rodrigues, Rangeby (1997))

Parâmetros	Unidades	Valor previsto
Caudal	m <sup>3</sup> /dia	3.900
Alcalinidade	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	520
Cloretos	mg/l	300
CQO filtrado	mg/l	1.300
CQO não filtrado	mg/l	410
Coliformes Fecais	Nº/100 ml	22.000.000
Azoto Total	mg/l	150
Azoto Amoniacal	mg/l	110
Nitratos	mg/l	2,5
Fósforo Total	mg/l	18
Sólidos Suspensos	mg/l	540
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/l	160
Sólidos Sedimentáveis	mg/l	10
Condutividade	mS/cm	2,3

### Campanha de Caracterização da Electra

#### Enquadramento

Entre os dias 23 e 27 de Maio de 2005, com o apoio da ELECTRA, da Câmara Municipal de S. Vicente e do Projecto PARI, realizou uma campanha de amostragem e de análise de

vários parâmetros da água residual bruta e tratada, em diversos pontos de amostragem dentro da ETAR.

Esta campanha teve como objectivo a determinação da eficiência de tratamento da ETAR e consequentemente a avaliação da qualidade da água residual tratada, para a posterior

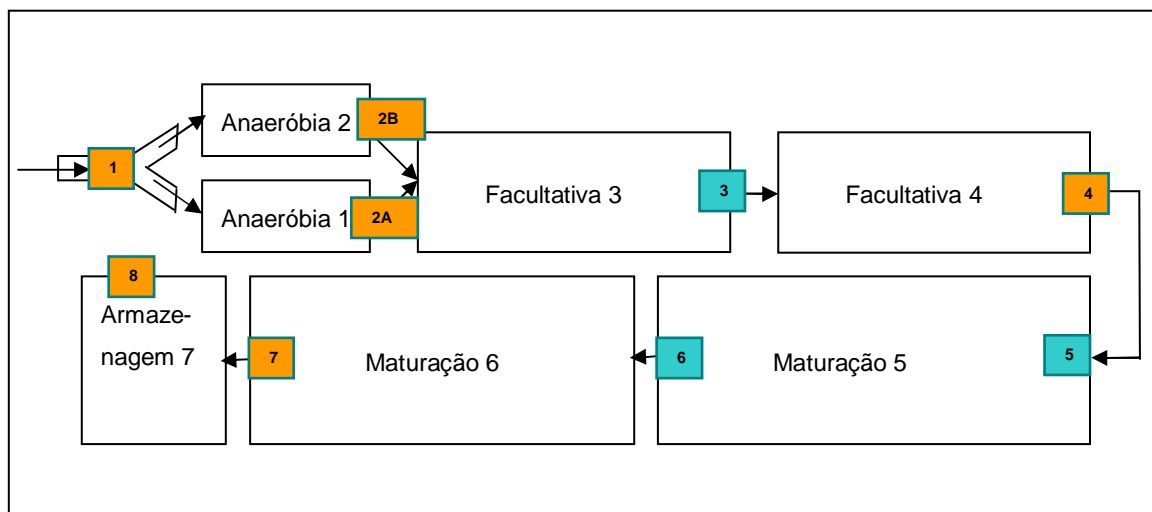


verificação da possibilidade de uso na irrigação do perímetro de rega do projecto PARI. Assim reunindo a capacidade técnica da equipa da ELECTRA e os materiais e reagentes fornecidos pela DR-MAAP no âmbito do projecto PARI, foram utilizadas as instalações do laboratório da ETAR (da CMSV), para realizar uma análise do sistema de tratamento de águas residuais.

**Figura 86 – Colheita de amostra de água residual à saída das lagoas anaeróbias**

### Metodologia

Para uma avaliação da qualidade da água tanto em termos de parâmetros físico-químicos como microbiológicos e substâncias indesejáveis, foram analisados todos os parâmetros apresentados no Anexo VIII, nos pontos de amostragem indicados na figura 87, a cor de laranja.



**Figura 87 – Localização dos pontos de amostragem utilizados durante a campanha de amostragem da ELECTRA**

Os pontos de amostragem foram seleccionados tendo em conta os objectivos a que a campanha se propunha (determinar a qualidade da água final e a eficiência de tratamento do sistema) e tendo em conta os pontos de amostragem previamente utilizados pela

Câmara Municipal de S. Vicente e também utilizados durante a campanha de amostragem realizada pela equipa da Universidade de Lund.

Assim optou-se por se efectuar as análises à água residual bruta (ponto 1), e depois de cada uma das fases de tratamento, ou seja, após o tratamento anaeróbio (pontos 2A e AB), após o tratamento facultativo (ponto 4), após a fase de maturação (ponto 7) e finalmente à saída da ETAR (ponto 8), ponto indicativo da qualidade do efluente final que segue para a irrigação. Desta forma foi possível ter uma visão da evolução do tratamento da água nos parâmetros analisados.

### Recolha de Amostras



Antes da recolha das amostras todo o material utilizado para a recolha e para a realização das análises foi devidamente lavado, esterilizado e preparado para a utilização imediata no dia da colheita (figura 88). Os equipamentos do laboratório foram calibrados e ajustados e cada tipo de material foi disposto nas bancadas de acordo com os parâmetros a analisar em cada

local.

**Figura 88 – Preparação do material para colheita de amostras**

Para os locais das colheitas foram levados os equipamentos para medição dos sólidos sedimentáveis, os frascos de vidro para recolha das amostras para a determinação dos parâmetros microbiológicos, os frascos para a recolha das amostras para a determinação dos restantes parâmetros, e foi levado também o copo de recolha de amostras (figura 86). Nos anexos VII e VIII, a par dos métodos de análise utilizados, apresenta-se a lista de parâmetros analisados em cada um dos pontos de recolha.

A definição dos métodos de análise para cada parâmetro resultou de um estudo dos dados recolhidos em campanhas anteriores, privilegiando assim os métodos de análise que permitissem comparação de valores. Em alguns casos a escolha dos métodos de análise

estava limitada ao tipo de material e reagentes existentes. A lista de métodos de análise utilizados nesta campanha é apresenta-se no Anexo VII.

### Resultados Obtidos

Os resultados obtidos são apresentados no quadro seguinte sendo que os valores de saída das lagoas anaeróbias (Pontos 2ª e 2B) estão já representados pela média dos dois valores com a referência do ponto 2. Sobre estes resultados foram realizadas comparações com os dados obtidos em estudos anteriores.

**Quadro 33 – Valores obtidos para cada parâmetro durante a campanha de análises da ELECTRA**

Parâmetros	Un.	Valores Obtidos por Ponto de Amostragem				
		1	2	4	7	8
Temperatura	°C	28,5	25,9	25,4	25,0	25,0
pH		7,45	7,26	7,94	7,79	8,20
Condutividade	mS	3,70	3,85	3,70	3,70	3,80
Cloretos	mg/l Cl <sup>-</sup>	638,0	602,5	709,0	850,0	886,0
Alcalinidade	mg/l HCO <sub>3</sub>	854,0	1.200,5	793,0	1.037,0	1.098,0
Sólidos Totais	mg/l	1.038	1.870	2.056	2.424	2.708
ól. Suspensos Totais	mg/l	212	189	212	160	360
Sólidos Sedimentáveis	mg/l	1,0	0,9	0,0	0,3	0,7
Sol. Suspensos Voláteis	mg/l	2	35	44	20	10
Matéria Seca Volátil	mg/l	542	509	402	378	578
CQO	mg/l O <sub>2</sub>	775,0	772,5	1.080,0	948,0	856,0
Azoto Total	mg/l N	<20	<20	<20	<20	<20
Azoto Amoniacal	mg/l NH <sub>4</sub>	-	-	-	-	<2
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	-	-	-	-	13,5
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub>	-	-	-	-	0,14
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub>	35,6	57,5	70,0	52,5	46,0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	84,1
Coliformes Totais	Col/100ml	44x10 <sup>6</sup>	52,5x10 <sup>5</sup>	1,4x10 <sup>5</sup>	7x10 <sup>5</sup>	9x10 <sup>5</sup>



Parâmetros	Un.	Valores Obtidos por Ponto de Amostragem				
		1	2	4	7	8
Coliformes Fecais	Col/100ml	30x10 <sup>6</sup>	27,5x10 <sup>5</sup>	0,2x10 <sup>5</sup>	2,5x10 <sup>5</sup>	0,8x10 <sup>5</sup>
Potássio	mg/l K	-	-	-	-	83,6
Ferro	mg/l Fe	-	-	-	-	0,73
Cobre	mg/l Cu	-	-	-	-	0,64
Zinco	mg/l Zn	-	-	-	-	<0,2
Níquel	mg/l Ni	-	-	-	-	<0,2
Crômio	mg/l Cr	-	-	-	-	0,14

### 6.2.3. EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DA ETAR

#### Estudo da Universidade de Lund - 1997

O estudo de 2 anos da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1997)) permitiu determinar algumas eficiências de tratamento da ETAR, que se apresentam no quadro seguinte:

**Quadro 34 – Eficiências de remoção da ETAR** (Fonte: Rodrigues, Rangeby (1997))

Lagoas	Parâmetro	Eficiência de remoção
Anaeróbias	CQO	60% a 70 %
	Sólidos Suspensos	85 %
	Coliformes Fecais	80%
Facultativas	CQO	35% a 40%
Maturação	Coliformes Fecais	90% a 95%

Aplicando estes valores de eficiência de remoção, dados experimentais, obtidos pelo estudo da Universidade de Lund, aos valores obtidos à entrada da ETAR durante a campanha da Electra, os resultados durante e à saída do tratamento seriam os apresentados no quadro 35.

**Quadro 35 – Valores teóricos obtidos para as eficiências de remoção de alguns parâmetros determinadas no estudo da Universidade de Lund**

Parâmetros	Entrada (1)	Após lagoas anaeróbias (2)	Após lagoas facultativas (4)	Após lagoas maturação (7)
<b>CQO</b>	775	232,5	139,5	-
<b>Sólidos Suspensos</b>	212	31,8	-	-
<b>Coliformes Fecais</b>	30.000.000	6.000.000	-	300.000

(1) – Valor real obtido durante a campanha de análises da Electra

(2), (4), (7) – Valores resultantes da aplicação das eficiências de remoção determinadas no estudo da Universidade de Lund

### Campanha de Caracterização da Electra

Com base na campanha de análises da água residual na ETAR, foi possível obter a evolução dos parâmetros analisados ao longo da ETAR, e a eficiência de remoção durante o tratamento. No quadro seguinte são apresentadas as eficiências de remoção para diversos parâmetros analisados durante a campanha de análises da Electra.

**Quadro 36 – Eficiência de tratamentos global e das várias etapas de tratamento para alguns dos parâmetros analisados durante a campanha da Electra**

	Eficiência de remoção/tratamento			
	Lagoas anaeróbias	Lagoas facultativas	Lagoas de maturação	Global
Conductividade	-4,05%	3,90%	0,00%	0,00%
Cloretos	5,56%	-17,68%	-19,89%	-38,87%
Alcalinidade	-40,57%	33,94%	-30,77%	-28,57%
Sólidos Totais	8,24%	-9,95%	-17,90%	-32,88%
Sólidos Suspensos Totais	10,85%	-12,17%	24,53%	-69,81%
Sólidos Sedimentáveis	10,00%	100,00%	-	30,00%
Sólidos Suspensos Voláteis	-1650,00%	-25,71%	54,55%	-400,00%
Matéria Seca Volátil	6,09%	21,02%	5,97%	-6,64%
CQO	0,32%	-39,81%	12,22%	-10,45%
Fosfatos	-61,52%	-21,74%	25,00%	-29,21%
Coliformes totais	88,07%	97,33%	-400,00%	97,95%
Coliformes fecais	90,83%	99,27%	-1150,00%	99,73%

Representados a verde estão os valores das eficiências de remoção/diminuição dos parâmetros, e a amarelo estão os valores que representam aumentos das concentrações medidas.

Para a maioria dos parâmetros não se verificou, no global das fases de tratamento, uma redução da sua concentração. No entanto entre as diferentes fases de tratamento, diferentes parâmetros apresentavam sinais de redução.

Comparando os valores obtidos experimentalmente para as eficiências de remoção, com os valores apresentados na bibliografia consultada, nomeadamente no estudo de Rodrigues e Rangeby (1997) sobre a ETAR de Ribeira de Vinha, verificam-se algumas diferenças.

### **Análise dos Resultados Obtidos**

Apesar de ter sido efectuada apenas uma campanha de análises, e de estas amostras não poderem ser consideradas representativas do funcionamento normal do sistema de tratamento, foi feita uma análise dos resultados obtidos, à luz do estudo da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1997)). Nesta análise tentou-se comparar os resultados obtidos e a sua evolução com os resultados que se esperavam obter.

Para que esta análise possa ter mais fiabilidade, a campanha de amostragem e determinação da qualidade da água deverá ser repetida com regularidade.

O valor do [pH](#) variou entre os 7,26 e os 8,20, o que de acordo com os dados da Câmara Municipal de S. Vicente e do estudo da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1997)), é normal e dentro dos valores anteriormente obtidos. O facto deste parâmetro não ter variado bruscamente é um factor indicativo da estabilidade do sistema de tratamento, e resulta da existência de alcalinidade também constante.

O valor da [alcalinidade](#) mantém-se elevado durante todas as fases de tratamento, ocorrendo um decréscimo e seguido de um novo aumento do valor, na saída das lagoas facultativas e na saída das lagoas de maturação, respectivamente. Esta variação não era esperada, uma vez que o normal seria que ocorresse um decréscimo desde o início até ao fim do tratamento, como sucedeu durante o estudo da Universidade de Lund. A alcalinidade resulta da presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos na água residual, e é uma característica normal das águas residuais domésticas.

A [condutividade](#) foi medida em ambos os estudos ao longo de todo o sistema de tratamento. A condutividade mede a presença de sais na água. Para este caso os resultados obtidos à

saída do sistema de tratamento, foram de 2,62 mS/cm segundo o estudo da Universidade de Lund, e de 3,80 mS/cm segundo a campanha de caracterização da Electra, e segundo os dados regularmente recolhidos pelas medições periódicas. De acordo com Metcalf & Eddy (2003) e outros autores, os valores admissíveis para a utilização na agricultura com restrições moderadas são até 3,00 mS/cm. Perante este cenário deveria proceder-se à análise regular deste parâmetro, com o objectivo de analisar a sua evolução. De momento não parece urgente aplicar restrições à irrigação das culturas, no entanto, se os valores registados continuarem a aumentar deverão ser consideradas medidas para minimizar os efeitos no solo e plantas. Entretanto, e com vista à redução da salinidade na água residual, deverão ser pesquisadas e resolvidas as infiltrações de água do mar na rede de saneamento. É de referir que este parâmetro depende directamente das características da água residual, da origem da água de abastecimento (dessalinização neste caso concreto), das intrusões que se verifiquem no sistema integrado, dependendo ainda da taxa de evaporação que se verifica no sistema de tratamento.

A par com a condutividade, os [cloretos](#) também devem ser medidos regularmente, estudando-se a sua evolução ao longo das fases de tratamento, visto ser também um dos parâmetros associados à salinidade. Sabendo que entre as lagoas não há hipóteses de diminuir a concentração de cloretos, pelo contrário, irão sempre aumentar devido à evaporação, como tal deve-se tentar reduzir a concentração destes sais à entrada da ETAR. Tal deve ser possível uma vez que a água de abastecimento fornecida à cidade do Mindelo tem uma concentração média inferior a 200 mg/l, e apesar de ser natural que a salinidade das águas residuais seja superior à da água de abastecimento, a diferença que actualmente se verifica é muito superior ao esperado. Assim aconselha-se a pesquisa de intrusões salinas na rede de colectores e no percurso até à ETAR. A diminuição da concentração deste ião é importante para irrigação, principalmente utilizando o método gota a gota, pois a médio/longo prazo poderá levar à salinização irreversível dos terrenos irrigados e à criação de incrustações nas tubagens de rega.

Em todas as análises efectuadas aos [sólidos \(sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos voláteis\)](#) durante a campanha de caracterização da Electra, não foi possível encontrar um padrão de evolução. Os valores obtidos não seguem as tendências normais da literatura, nem do estudo académico. No caso dos Sólidos Suspensos Totais verificou-se uma redução de 10% nas lagoas anaeróbias e de 24,53% nas lagoas de maturação, no entanto nas lagoas facultativas o valor tinha já “aumentado” em 12,17% o que impediu que, no global, se verificasse um “aumento” e não uma redução deste parâmetro. De acordo com Rodrigues, Rageby (1997) seria normal que

ocorresse uma drástica diminuição dos sólidos ao longo da sequência de lagoas da ETAR, principalmente durante os processos anaeróbios que têm lugar nas lagoas anaeróbias. O facto de na campanha da Electra não ter sido possível encontrar este padrão de evolução natural da ETAR pode dever-se a dois factores: tempos de retenção muito curtos da água nas lagoas, possivelmente associado a características da água residual muito diferentes durante os dias anteriores à análise, e que se tenham feito sentir na campanha que abrangeu toda a ETAR em apenas um dia.

O valor do [CQO – Carência Química de Oxigénio](#), determinado na campanha da Electra foi aumentando desde a entrada da ETAR até às lagoas facultativas e depois diminuiu até à saída. No entanto, segundo Rodrigues e Rangeby (1997), evolução normal deste parâmetro nesta ETAR seria a redução progressiva ao longo do tratamento. Para ter uma perspectiva mais fidedigna dos processos que ocorrem na ETAR, sugere-se que este parâmetro seja analisado regularmente nos vários pontos de amostragem. É de referir que a Carência Química de Oxigénio (CQO) e a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO) têm, na ETAR de Ribeira de Vinha uma relação de cerca de 2 vezes ( $CQO/CBO = 2$ ), como tal poderá ser apenas utilizada a medição de um dos parâmetros para determinar o outro, segundo o estudo da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangeby (1997)). A redução de CQO e Sólidos Suspensos na lagoa facultativa está associada à existência de algas e ao tempo de retenção da água na lagoa. Se o tempo de retenção for excessivo, a população de algas aumenta muito diminuindo a eficiência de remoção destes dois parâmetros.

Tal como a condutividade, o parâmetro [coliformes fecais](#) é determinante para a utilização da água tratada na agricultura, de acordo com as normas da OMS e de acordo com bibliografia consultada. Os resultados obtidos tanto à entrada como à saída da ETAR para este parâmetro e para os coliformes totais, estão dentro dos valores normais da ETAR de Ribeira de Vinha. Como é possível verificar na secção seguinte, a eficiência de remoção dos coliformes fecais é de 99,73 % na campanha da ELECTRA e nos estudos da Universidade de Lund (Rodrigues, Rangey (1997)) é de 99,99%. Para um sistema de tratamento por lagoas de estabilização esta percentagem de remoção de coliformes fecais é superior ao normal, que ronda os 95%. Apesar dos valores de coliformes fecais não atingirem os valores recomendados pela OMS, numa perspectiva de eficiência de tratamento, a água residual tratada pode ser utilizada para irrigação, desde que sejam cumpridas as regras de irrigação definidas e de higiene referidas na formação dos agricultores. É importante referir que a remoção dos coliformes fecais nas lagoas facultativas e de maturação depende não só do tempo de retenção, mas também da carga orgânica e do caudal diário afluentes. Assim a

eficiência de remoção diminui quando o tempo de retenção é muito curto e quando a carga orgânica é demasiado elevada.

A presença de [metais pesados](#) em concentrações reduzidas à saída do sistema de tratamento não é um problema, poderá mesmo ser uma vantagem para o solo onde a água residual será aplicada.

O mesmo se pode dizer para os nutrientes [Azoto](#) e [Fósforo](#) que se encontram dentro dos parâmetros normais de utilização de água residual para irrigação. Estes nutrientes irão enriquecer o solo e assim contribuir para o aumento da produção das culturas. Associado a este facto, a utilização de fertilizantes no solo poderá ser reduzida, poupando-se assim recursos económicos e reduzindo os custos de produção.

Numa análise mais global, a variação das concentrações de alguns parâmetros medidos no âmbito da campanha de caracterização da Electra, ao longo do sistema de tratamento, não foi de encontro à evolução esperada. A pesquisa bibliográfica realizada apontava para uma evolução mais constante com a diminuição de grande parte dos valores estudados.

## 7. SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE SANEAMENTO DA CIDADE DO MINDELO, CABO VERDE

### 7.1. SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA

A sustentabilidade económica do sistema de saneamento da cidade do Mindelo, desde o início da sua construção, tem vindo a ser garantida apenas pelo financiamento externo, quer através de projectos de cooperação, quer através de projectos financiados pelo Banco Mundial. Estes apoios foram aplicados nas fases de construção e de recuperação/manutenção do sistema de saneamento, apoiando as diversas fases do Plano Sanitário do Mindelo. Em 2005 foi desbloqueado o mais recente financiamento para a manutenção e ampliação da rede de saneamento, para a recuperação da ETAR e para o arranque do projecto PARI de irrigação de campos agrícolas com água residual tratada.

Apesar de ter sido recorrentemente financiado, o sistema pode ser considerado actualmente como sustentável, visto que o financiamento tem sido regular e tem permitido o seu desenvolvimento, ainda que com recursos externos.

Actualmente e para o futuro, perspectiva-se e prepara-se o sistema para um cenário de sustentabilidade económica decorrente de recursos internos.

Durante a estadia no Mindelo, foi feita uma análise económica do sistema de saneamento na sua vertente de tratamento e irrigação, não englobando o sistema de abastecimento nem a rede de colectores de águas residuais. Este estudo visava determinar a tarifa de venda da água residual tratada, a ser cobrada aos agricultores beneficiários deste serviço, sem que tivessem de suportar os custos globais do sistema integrado (abastecimento de água, recolha de águas residuais, tratamento de águas residuais e irrigação).

Neste estudo foram considerados os custos de exploração da ETAR, os custos de Manutenção das infra-estruturas e equipamentos, e os custos com as análises laboratoriais.

Com base neste estudo concluiu-se que a tarifa justa de cobrança da água residual tratada era de cerca de 30 ECV/m<sup>3</sup> (Escudos Caboverdeanos) (cerca de 0,30€/m<sup>3</sup>), o que na altura foi considerado um valor exagerado por parte dos beneficiários do sistema. Em 2005 este valor estava demasiado próximo do valor de venda da água de abastecimento para consumo humano, no entanto, actualmente as tarifas de abastecimento já foram revistas e o valor a água residual é assim mais bem aceite. Refere-se ainda que nos primeiros meses de irrigação dos campos agrícolas, a água era de distribuição gratuita, e que a sua cobrança apesar de estar prevista nunca teve um valor fixo definido. Actualmente a situação está a ser revista no âmbito das últimas obras do Plano Sanitário do Mindelo, que prevê a ampliação da rede de saneamento e a duplicação da capacidade de tratamento da ETAR.



Nesta óptica os responsáveis pela gestão do sistema prevêem a criação de planos de cobrança do serviço de saneamento ajustados aos rendimentos da população e que deverão cobrir parte dos custos de tratamento, nesta óptica o preço de venda da água residual tratada será mais justo, não estando sobrecarregado com os custos totais de exploração da ETAR. Com a implementação destas medidas será encontrado um novo ponto de equilíbrio do sistema de saneamento que irá permitir a sua sustentabilidade económica baseada apenas receitas internas (inerentes ao sistema).

## **7.2. SUSTENTABILIDADE SOCIAL**

Em termos sociais o sistema de saneamento da cidade do Mindelo contribui para o desenvolvimento local através dos seguintes vectores de crescimento:

- Desenvolvimento da agricultura e da economia associada, através da produção de alimentos de qualidade em grandes quantidades;
- Comercialização dos produtos produzidos nos mercados locais, com diminuição das necessidades de importação;
- Consumo de produtos de qualidade que promovem a melhoria da alimentação da população local;
- Criação de novos postos de trabalho numa região com elevada taxa de desemprego;
- Criação de parcerias entre instituições, como por exemplo a colocação de presidiários em regime livre a trabalhar nas explorações agrícolas de beneficiários necessitados de apoio.

## **7.3. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

Em termos ambientais a recolha e tratamento de águas residuais é já um forte contributo para a sustentabilidade ambiental, no entanto outros factores são igualmente importantes e contributivos para a sustentabilidade do sistema nesta área:

- Recuperação e reutilização de um recurso escasso – água;
- Contribuição para a biodiversidade local nas zonas de irrigação;
- Redução da carga poluente no meio ambiente;
- Contribuição para a recarga de massas de água subterrâneas, já totalmente esgotadas;
- Redução do consumo de água de outras origens para irrigação;

- Recuperação paisagística nos locais de irrigação, e através da criação de plantas em viveiro e posterior florestação de áreas praticamente deserta.

#### 7.4. QUADRO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

O quadro de indicadores apresentado no ponto 2.7.2 – Indicadores de Sustentabilidade, pode ser em parte aplicado ao sistema integrado de abastecimento, saneamento e irrigação do Mindelo. Apesar de nem todos os dados necessários terem sido disponibilizados ou reunidos, alguns dos indicadores sugeridos pela bibliografia podem já ser utilizados para apoiar a análise de sustentabilidade do sistema, feita nos pontos anteriores. Assim nos quadros 37 e 38 apresenta-se o quadro de indicadores do sistema integrado do Mindelo.

**Quadro 37 – Quadro de Indicadores de Sustentabilidade aplicados ao sistema do Mindelo (Abastecimento e Saneamento)**

Sistemas	Análise	Indicador	Unidades	Sistema do Mindelo
Abastecimento de água	Quantitativa	Percentagem de população servida pela rede	%	72%
		Percentagem de população servida pelo sistema	%	100%
		Capitação	l/hab.dia	92
		Perdas de água na rede	%	20%
	Qualitativa	Eficiência de tratamento da água de abastecimento	% de remoção	-
		Coliformes na água de abastecimento	Número	N.A.
	Económica	Custos de tratamento e abastecimento		210 ECV/m <sup>3</sup> (2,10 €/m <sup>3</sup> )
		Proveitos da venda de água de abastecimento	Un. Monetárias / m3	-
		Proveitos de gestão do sistema de tratamento	Un. Monetárias / hab	-
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	%	-
Saneamento	Quantitativa da Rede de saneamento	Produção de água residual (Capitação)	l/hab.dia	86
		Cobertura do sistema de saneamento	% de população servida	57%
		Cobertura do sistema face ao abastecimento	População com abastecimento / População com saneamento	78%
		Perdas ou infiltrações	%	30%
	Quantitativa do sistema de tratamento	Perdas ou infiltrações	%	-
		Carga orgânica	Kg	-
		Carga hidráulica	Kg	-
		Utilização de químicos e reagentes	Kg produto / kg de poluente removido	N.A.
		Consumo de energia	Kw/ kg de CBO5 removido	N.A.
	Qualitativa	Eficiência de tratamento	% de remoção	
		CQO		70%
		SST		85%
		Coliformes fecais		99%
	Económica	Custos de tratamento		-
		Proveitos da venda de água residual tratada	Un. monetária / m3	N.A.
		Proveitos de gestão do sistema (taxa de saneamento)	Un. monetária / hab	-
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	%	-

**Quadro 38 – Quadro de Indicadores de Sustentabilidade aplicados ao sistema do Mindelo**  
(Utilização de Água Residual para Irrigação)

Sistemas	Análise	Indicador	Unidades	Sistema do Mindelo
Utilização de Água Residual Tratada para a Agricultura	Quantitativa	Consumo de água residual tratada (capitação)	m <sup>3</sup> /dia	1.800
		Consumo vs produção	% de água residual tratada consumida	100%
	Qualitativa	Qualidade da água utilizada	Nº coliformes fecais /100 ml	2.300
			Nº de ovos de parasitas	-
		Cumprimento das normas OMS		Não cumpre
	Económica	Custo da água residual tratada	Un. monetária / m <sup>3</sup>	-
		Custo água utilizada / custos totais produção	%	-
		Proveitos da venda de produtos agrícolas	Un. Monetárias / m <sup>3</sup>	30 ECV/ m <sup>3</sup> (0,30 €/m <sup>3</sup> )
		Proveitos/(Proveitos-Custos)	%	-

## **7.5. ANÁLISE SWOT – PONTOS FORTES, PONTOS FRACOS, OPORTUNIDADES E AMEAÇAS**

### 7.5.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE

#### **SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats**

O termo SWOT é uma sigla utilizada na língua inglesa e é um acrónimo de Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats).

A análise SWOT analisa as Forças, ou pontos forte, e as Fraquezas ou pontos fracos, dos factores internos de um sistema, e as Oportunidades e Ameaças externas ao sistema. Neste caso são analisados os pontos fortes e fracos do sistema de saneamento e utilização de água residual tratada na agricultura, existentes no Mindelo, Cabo Verde, e são apontadas as principais oportunidades e ameaças resultantes de factores externos, como o clima, a situação económica e social, entre outros.

#### **Metodologia**

Inicialmente definiram-se os principais vectores da análise SWOT que devem ser aplicados para a análise dos grupos Forças/Fraquezas e Oportunidades/Ameaças. De seguida escolheram-se as ponderações de cada factor, ou seja é definido o grau de importância de cada factor face aos restantes. A folha de análise construída permite a entrada de pontos de avaliação para cada um dos factores seleccionados, que quando associados ao valor das ponderações se traduzem na localização de um ponto num gráfico de quadrantes ou Mapa de Posicionamento SWOT. Este mapa traduz se o sistema em análise tem capacidade interna e suporte externo para favorecer o seu desenvolvimento, ou se não tem demasiados pontos contra.

### 7.5.2. ANÁLISE SWOT AO SISTEMA DE SANEAMENTO DO MINDELO, CABO VERDE

Para analisar o potencial do sistema integrado de abastecimento, saneamento e irrigação da cidade do Mindelo, em Cabo Verde, foram considerados factores internos que influenciem o sistema, e que se traduzem em Forças e Fraquezas. Foram depois identificados os factores externos que se traduzem em Oportunidades e Ameaças ao sistema.

Os factores identificados foram os seguintes:

- Forças

- Rede de abastecimento serve cerca de 70% da população da ilha
- Sistema de Saneamento serve cerca de 60% da população
- Equipa de manutenção conhece ao pormenor toda a rede de saneamento
- Estação de Tratamento de Águas Residuais com tratamento por Lagunagem – baixos custos de tratamento, operação e manutenção, eficiência de tratamento elevada
- Sistema de gestão do projecto de irrigação (PARI) bem estruturado – boas infra-estruturas de irrigação, água residual de aquisição gratuita durante os primeiros meses de exploração
- Formação em boas práticas agrícolas e saúde pública aos agricultores e trabalhadores no campo de irrigação
- Produtos agrícolas de qualidade

- Fraquezas

- Produção de água para abastecimento por dessalinização da água do mar
- Reservas de água subterrânea esgotadas ou com elevada salinidade
- Serviços de manutenção não têm material nem equipamentos para proceder a manutenções curativas totais, e não têm procedimentos de manutenção preventiva definidos
- Gestão do sistema de abastecimento de água é feito apenas por uma empresa (Electra), que detém o monopólio
- Gestão do sistema de saneamento feito por serviços públicos com recursos limitados
- Falta de manutenção das redes de abastecimento e saneamento, e roubos de água potável e até mesmo de água residual bruta e tratada, para uso pela população local
- Não existem mecanismos de controlo de qualidade da água residual tratada e aplicada na irrigação de campos agrícolas

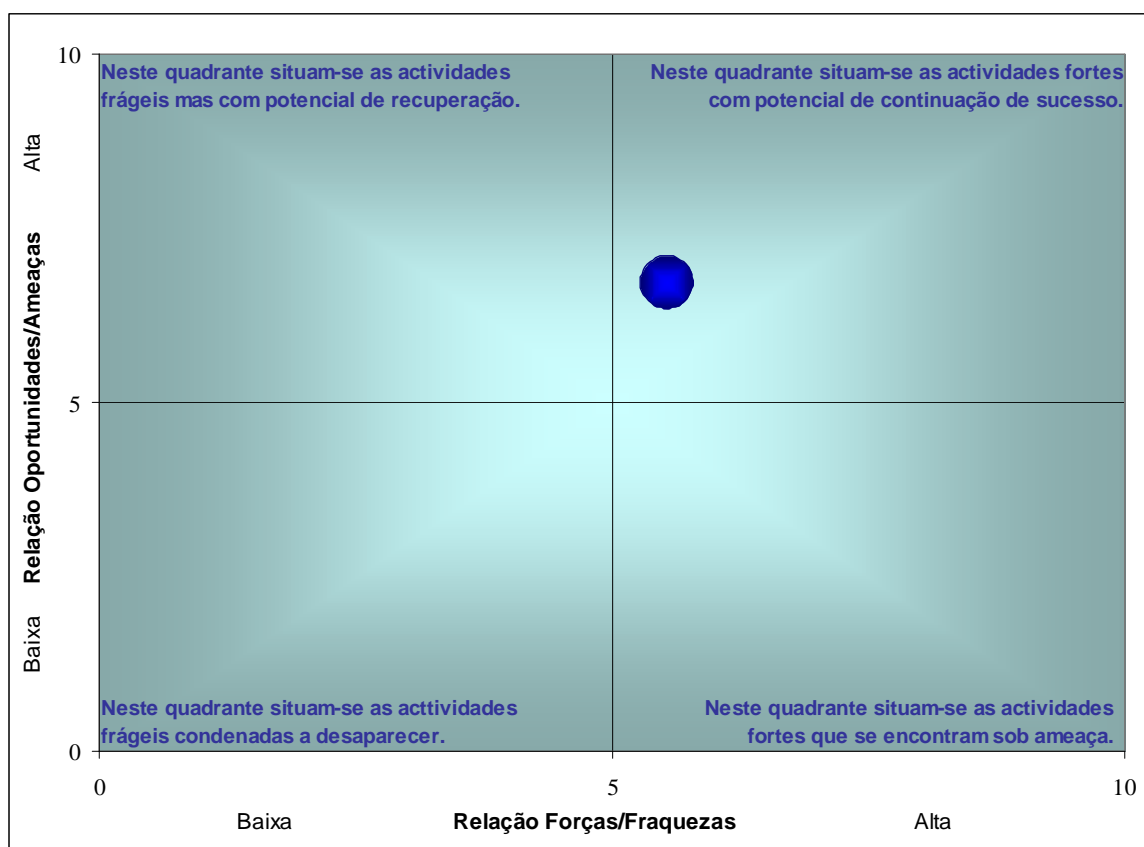
- Oportunidades

- Meio ambiente sensível a mudanças, com reacção positiva à reintrodução de água no seu ciclo e à limitação de descargas poluentes
- Solos pobres que necessitam dos nutrientes contidos na água residual tratada
- Mercado de produtos agrícolas tem necessidade de receber alimentos produzidos internamente

- Ameaças

- Possíveis contaminações dos solos e alimentos, com possíveis repercussões negativas ao nível de saúde pública
- Qualidade da água residual tratada não é excelente, nomeadamente no que se refere a elevadas concentrações de sais
- Não existe um sistema de gestão integrada dos três sistemas (abastecimento, saneamento e irrigação)

Desta ponderação de factores resultou o seguinte Mapa de Posicionamento SWOT.



**Figura 89 – Mapa de Posicionamento SWOT do sistema de abastecimento, saneamento e irrigação do Mindelo, Cabo Verde**

Com base na análise SWOT realizada conclui-se que o sistema integrado de abastecimento, saneamento e irrigação, tem factores internos fortes, que se sobrepõem às fraquezas, e que os factores externos criam nesta fase mais oportunidades do que ameaças. Como tal sistema deverá ser mantido e preferencialmente as fraquezas identificadas deverão ser analisadas a fundo, e trabalhadas para que mais tarde se possam vir a tornar Forças do sistema.



## 8. CONCLUSÕES

O desenvolvimento sustentável assenta no princípio da integração dos sistemas social, económico e ambiental como motor de desenvolvimento das comunidades e regiões de todo o mundo, garantindo que os recursos são consumidos e repostos de forma a que as gerações futuras possam tirar o mesmo proveito deles. A ideia de não esgotar os recursos existentes (ambientais, sociais e económicos), e de tentar de alguma forma repor os recursos sobreexplorados até à presente data, tem sido discutida e desenvolvida a vários níveis na sociedade. Nesta perspectiva a água como bem essencial e escasso, é um dos recursos que se torna urgente proteger.

Os sistemas de saneamento contribuem para o alcance deste objectivo mundial, pois, ao promoverem um destino final adequado para as águas residuais produzidas, reduzem a contaminação do meio ambiente, reduzindo também a possibilidade de transmissão de doenças e infecções para as populações locais.

Por outro lado, a água tratada é reintroduzida no sistema através de infiltração para o solo e recarga das águas subterrâneas, através da descarga directa no meio hídrico, ou até mesmo através da irrigação de campos agrícolas para produção de alimentos. Esta última solução contribuiu directamente para o desenvolvimento económico e para a promoção de uma melhor alimentação, das populações servidas.

Verifica-se que os sistemas de saneamento trazem benefícios em termos de protecção do ambiente, promoção de melhores condições de saúde pública das populações, reposição a água no sistema, e desenvolvimento económico local, revelando-se como um dos factores-chave para o desenvolvimento sustentável das regiões, particularmente dos países em vias de desenvolvimento.

Como forma de sustentar esta análise foram caracterizados vários sistemas de saneamento utilizados presentemente nos países em vias de desenvolvimento, tendo-se constatado que as tecnologias e soluções utilizadas estão geralmente adaptadas às condições do meio, sendo que muitos dos sistemas analisados são os mais adequados face à forma de abastecimento de água, ao clima e outras características do meio envolvente, nomeadamente a organização das comunidades, as necessidades das populações e ainda as actividades económicas desenvolvidas.

No que se refere a este último ponto a agricultura assume um papel de relevo na economia das populações residentes em países em vias de desenvolvimento. As necessidades de

produção têm vindo a aumentar significativamente, devido ao crescimento da população, e com ela crescem também as necessidades de água para irrigação.

Em muitos dos países referidos, a utilização da água residual é uma prática comum e essencial, quer seja água tratada ou em bruto. A importância deste recurso disponível, de produção contínua, é evidente nas comunidades agrícolas, principalmente as que se situam em regiões áridas e semi-áridas, onde as necessidades de irrigação são prementes.

Quando um sistema de saneamento se adequa às necessidades da comunidade, promovendo o seu bem-estar e desenvolvimento equilibrado, significa que estamos perante um sistema sustentado. Os factores que contribuem para a sustentabilidade desse sistema são variados, podendo ser factores internos ou externos do sistema. Dos que foram identificados, os que se consideram mais determinantes para a sustentabilidade são:

- Sistemas de saneamento adaptados às necessidades da população ou unidade familiar servida;
- Custos de investimento, operação e manutenção reduzidos, e adequados ao nível económico da população servida;
- Reutilização da água residual tratada e da fracção sólida resultante do tratamento, na agricultura (ou outras actividades), como forma de promover o desenvolvimento económico da região;
- Participação da população na concepção, construção e gestão do sistema de saneamento.

O sistema de saneamento do Mindelo, analisado individualmente e também numa perspectiva integrada com o sistema de abastecimento de água e com o sistema de irrigação de campos agrícolas, revelou ser um sistema sustentável.

Localizado numa ilha caracterizada pela escassez de água e por reduzidos recursos agrícolas, o sistema de saneamento do Mindelo tem um papel de enorme importância no desenvolvimento da comunidade.

Sendo a água dessalinizada, bem caro e escasso, a única fonte de água potável da ilha, a utilização desta para a agricultura, não é considerada economicamente viável. Como tal a água residual produzida de forma contínua e de características pouco variáveis, revela-se como uma fonte de água alternativa, mais viável em termos económicos.

A cobertura do sistema de saneamento associada à elevada eficiência de tratamento das águas residuais, garante o aproveitamento de grande parte deste recurso. A sua utilização na agricultura, para além de reduzir significativamente o consumo de água de abastecimento (água doce, água dessalinizada, etc) para esta irrigação, traz vantagens directas para os agricultores cujos rendimentos aumentam, para a população em geral que beneficia de um sistema de saneamento adequado às suas necessidades e de uma melhor dieta alimentar, tendo acesso a maior diversidade e disponibilidade de alimentos vendidos nos mercados locais, provenientes de campos agrícolas irrigados com água residual tratada. Para além destas vantagens ao nível da saúde pública e ao nível económico, também se verificam vantagens ambientais, como por exemplo a redução da contaminação do meio ambiente, a recarga das massas de água subterrâneas, a promoção da biodiversidade nas áreas de cultivo.

Em síntese, a importância do sistema de saneamento na cidade do Mindelo, e em muitas outras regiões do Mundo, é salientada na seguinte afirmação de Fatta, D., *et al* (2003):

*“Em muitas situações em vários países, a água residual é simplesmente demasiado valiosa para ser desperdiçada.”*

## 9. BIBLIOGRAFIA

Aabling, J.; Jacobsen, W. (1995). *The Wastewater Treatment Plant in Mindelo, Cape Verde: Performance of the anaerobic pond and follow-up of the system*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund

Andersson, K., Blomberg, M. (1992). *Minor Field Study of the Wastewater Treatment Plant at Ribeira de Vinha, Mindelo, Cape Verde*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund

Ayres, R., Mara, D. (1996). *Analysis of wastewater for use in agriculture*. Finland: World Health Organization

Bakir, H. (2001). *Sustainable wastewater management for small communities in the Middle East and North África*. Disponível em <http://www.idealibrary.com>

Bengtsson, S.; Johansson, P. (1993). *Upgrading of the Wastewater System in Mindelo, Cape Verde*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund

Bixio, D., Thoeye, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., Miska, V., Muston, M., Chikurel, H., Aharoni, A., Joksimovic, D., Melin, T. (2006). *Water reclamation and reuse: implementation and management issues*. Disponível em <http://www.sciencedirect.com>

California Office of Administrative Law (2008). *Official California Code of Regulations . Tittle 22*. Disponível em <http://ccr.oal.ca.gov>

Christiansson, J.; Ostling, C. (1996). *Sedimentation in Anaerobic Pond*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund

Cotton, A., Franceys, R., Pickford, J., Saywell, D. (1995). *On-Plot Sanitation in low-income urban communities*. Water, Engineering and Development Centre, England

Dimitri, X. (1998). *Developpement du Secteur Horticole – Phase III*. FAO

Emongor, V., Ramolemana, G. (2004). *Treated sewage effluent (water) potential to be used for horticultural production in Bostwana*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/pce](http://www.elsevier.com/locate/pce)

- Fatta, D., Alaton, I., Gockay, C., Skoula, I., Papadopoulos, A., Loisidou, M. (2003). *Wastewater reuse in the mediterranean basin – Problems and challenges*.
- Gordon, B., Mackay, R., Rehfuss, E. (2004). *Inheriting the world: the Atlas of children's health and the environment*. Disponível em [www.who.org](http://www.who.org)
- Gunnarson, M.; Rangeby, M. (1992). *The Water and Wastewater System in Mindelo*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund
- Haruvy, N. (1998). *Wastewater reuse – regional and economic considerations*. Resources, Conservation and Recycling 23 (1998) 57-66
- Harvey, P., Baghri, S., Reed, B. (2002). *Emergency Sanitation*. Water, Engineering and Development Center, England
- Hutton, G., Bartram, J. (2008). *Global Costs of attaining the Millenium Development Goal for water supply and sanitation*. Bulletin of the World Health Organization 2008;86:13-19
- International Water Management Institute (2003). *Water Policy Briefing: Confronting the realities of wastewater use in agriculture*. Disponível em [www.iwmi.org/waterpolicybriefing](http://www.iwmi.org/waterpolicybriefing)
- Johansson, P.; Santos, V.; Silversson, B. (1992). *Reuse of Wastewater for Agricultural Purposes in Mindelo, São Vicente*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund
- Karlsson, B.; Ljung, N. (1994). *Investigation concerning high conductivity of wastewater in Mindelo, Cape Verde*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund
- Kivaisi, A. (2000). *The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)
- Kvarnström, E. Bracken, P., Ysunza, A., Kärrman, E., Finnson, A., Saywell, D. (2004). *Sustainable criteria in sanitation planning*. 30<sup>th</sup> WEDC International Conference, Vientiane, Lao PDR
- Lundin, M., Molander, S., Morrison, G. (1997). *Indicators for the development of sustainable water and wastewater systems*. Sustainable Development Research Conference – Manchester

Mara, D. (1996). *Low-cost sewerage*. John Willey & Sons, Chichester, UK

Mara, D. (2000). *The production of microbiological safe effluents for wastewater reuse in the Middle East and North África*. Water, Air and Soil Pollution 123: 595-603. Kluwer Academic Publishers, Netherlands

Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse*. Tata McGraw-Hill Edition, New Delhi:

Miller, G. (2005). *Integrated concepts in water reuse: managing global water needs*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/desal](http://www.elsevier.com/locate/desal)

Ministério das Infraestruturas e Transportes (2003). *Plan Sanitaire de Mindelo – 2º Phase*. Tractebel Development

Muga, H., Mihelcic, J. (2007). *Sustainability of wastewater treatment Technologies*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/jenvman](http://www.elsevier.com/locate/jenvman)

OMS (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. Disponível em [www.who.org](http://www.who.org)

OMS (2004). *The sanitation challenge: Turning commitment into reality*. Disponível em [www.who.org](http://www.who.org)

OMS (2006). WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. WHO. Disponível em [www.who.org](http://www.who.org)

OMS, UNICEF (2000). *Global Water Supply and Sanitation Assessment*. USA. Disponível em [www.who.org](http://www.who.org)

Paixão, M. (1996). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Perdiais*. Edições Orion, Amadora, Portugal

Pipeline (2003). *Explaining the Activated Sludge Process*. Pipeline vol.14, nº2 (2003)

Programa Energia, Água e Saneamento (2000). *Réactualisation du Plan Directeur d'Approvisionnement en Eau et D'assainissement de la ville de Mindelo – 3<sup>ème</sup> Phase*. Groupe Ingetec S.A., BRL ingénierie.

Rodrigues, M.; Rangeby, M. (1997). *Estudos de Reutilização na Agricultura do Efluente da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Ribeira de Vinha em S. Vicente, República de Cabo Verde*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund . Lund

Rodrigues, M.; Rangeby, M. (1997). *Optimization of a Wastewater Stabilization Pond System with the Emphasis on Bacterial Removal and the Impact of Retention Time*. Department of Water and Environmental Engineering, University of Lund. Lund

Rodrigues, P. (1996). *Lagoas de Macrófitas, Terras da Beira (13/06/1996)*. Disponível em [www.freipedro.pt](http://www.freipedro.pt)

Rottier, E., Ince, M. (2003). *Controlling and Preventing Disease*. Water, Engineering and Development Centre, England

Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W., Hollander, J. (2005). *Wastewater reuse and risk: definition of key objectives*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/desal](http://www.elsevier.com/locate/desal)

Siverson, B.; Spencer, E.; Santos, V. (1997). *Manual do Agricultor – Irrigação com Águas Residuais*. Mindelo/Lund

Sousa, T. (1965). *Problemas de abastecimento de água a S. Vicente*. Disponível em [www.saial.info](http://www.saial.info)

Tal, A. (2006). *Seeking Sustainability: Israel's evolving water management strategy*. Disponível em [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

Urkiaga, A., Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balasz, B., Hernández, F. (2006). *Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse*. Disponível em [www.elsevier.com/locate/desal](http://www.elsevier.com/locate/desal)

Volkman, S. (2003). *Sustainable wastewater treatment and reuse in urban areas of the developing world*. Disponível em [www.cee.mtu.edu/peacecorps](http://www.cee.mtu.edu/peacecorps)

World Bank (2007). *Sanitation, Hygiene and wastewater resource guide*. Disponível em [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)



## Outras Pesquisas

[www.mdgmonitor.org](http://www.mdgmonitor.org) – Página de Monitorização dos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio (Millenium Development Goals Monitor) (29-02-2008)

[www.cmsv.cv](http://www.cmsv.cv) – Página da Câmara Municipal de São Vicente, Cabo Verde (28-02-2008)

[www.un.org](http://www.un.org) – Página das Nações Unidas

[www.oecd.org](http://www.oecd.org) – Página da OCDE

<http://www.millenniumassessment.org> - Millenium ecosystem assessment

<http://www.unpei.org> - UNEP

<http://www.undp.org> - UNDP

<http://www.worldbank.org> - Banco Mundial

<http://www.who.int> - Organização mundial de saúde

<http://portal.unesco.org> - UNESCO

<http://www.fao.org> – FAO

<http://library.wur.nl> – Biblioteca on-line

<http://www.ajph.org> – Página do Jornal Americano de Saúde Pública (American Journal of Public Health)

<https://txspace.tamu.edu> – Página da Biblioteca do Texas

<http://search.nap.edu> – Página da Biblioteca da Academia da Imprensa Nacional (EUA)

<http://www.pt.irc.nl> – Página do Centro Internacional de Água e Saneamento

<http://dited.bn.pt> – Página do Depósito de Dissertações e Teses Digitais

<http://wedc.lboro.ac.uk> - Página do Centro para a Água, Engenharia e Desenvolvimento (Water, Engineering and Development Center)

<http://www.developmentbookshop.com> – Página da Livraria do Desenvolvimento (Development Bookshop)

<http://ascelibrary.aip.org> – Biblioteca de Engenharia Civil

<http://www.blackwell-synergy.com> – Base de Dados de Artigos Digitais

## ANEXOS

## **Anexo I**

### **Objectivos de Desenvolvimento do Milénio**

## **Objectivos de Desenvolvimento do Milénio**

### **Objectivo 1:** Erradicar a pobreza extrema e a fome

Meta 1. Reduzir para metade, entre 1990 e 2015, a proporção de população cujo rendimento é inferior a um dólar por dia.

Meta 2. Reduzir para metade, entre 1990 e 2015, a proporção de população afectada pela fome.

### **Objectivo 2:** Atingir o ensino primário universal

Meta 3. Garantir que, até 2015, todas as crianças, de ambos os sexos, terminem um ciclo completo de ensino primário.

### **Objectivo 3:** Promover a igualdade de género e a capacitação das mulheres

Meta 4. Eliminar a disparidade de género no ensino primário e secundário, se possível até 2005, e em todos os níveis de ensino, o mais tardar até 2015.

### **Objectivo 4:** Reduzir a mortalidade infantil

Meta 5. Reduzir em dois terços, entre 1990 e 2015, a taxa de mortalidade de crianças com menos de 5 anos.

### **Objectivo 5:** Melhorar a saúde materna

Meta 6. Reduzir em três quartos, entre 1990 e 2015, a taxa de mortalidade materna.

### **Objectivo 6:** Combater o HIV/SIDA, a malária e outras doenças

Meta 7. Até 2015, parar e começar a inverter a propagação do HIV/SIDA.

Meta 8. Até 2015, parar e começar a inverter a tendência actual da incidência da malária e de outras doenças graves.

### **Objectivo 7:** Garantir a sustentabilidade ambiental

Meta 9. Integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e inverter a actual tendência para a perda de recursos ambientais.

Meta 10. Reduzir para metade, até 2015, a percentagem de população sem acesso permanente a água potável.

Meta 11. Até 2020, melhorar significativamente a vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros degradados.

### **Objectivo 8:** Criar uma parceria global para o desenvolvimento

Meta 12. Continuar a desenvolver um sistema comercial e financeiro multilateral aberto, baseado em regras, previsível e não discriminatório.

Meta 13. Satisfazer as necessidades especiais dos Países Menos Avançados

Meta 14. Satisfazer as necessidades especiais dos países sem litoral e dos pequenos Estados insulares em desenvolvimento.

Meta 15. Tratar de forma integrada o problema da dívida dos países em desenvolvimento, através de medidas nacionais e internacionais, por forma a tornar a sua dívida sustentável a longo prazo.

Meta 16. Em cooperação com os países em desenvolvimento, formular e aplicar estratégias que proporcionem aos jovens trabalho condigno e produtivo.

Meta 17. Em cooperação com as empresas farmacêuticas, proporcionar o acesso a medicamentos essenciais a preços acessíveis, aos países em desenvolvimento.

Meta 18. Em cooperação com o sector privado, tornar acessíveis os benefícios das novas tecnologias, em especial das tecnologias de informação e comunicação.

(Fonte: OCDE, 2004)

## **Anexo II**

### **Análise Comparativa dos Sistemas de Tratamento em Países em Vias de Desenvolvimento**



## Análise comparativa dos sistemas de tratamento em países em vias de desenvolvimento

Kivaisi (2000) apresenta um quadro resumo com as principais características dos sistemas de tratamento utilizados nos países em vias de desenvolvimento, e identificados neste trabalho.

Sistemas de Tratamento	Eficiências de Remoção (%)				Requisitos		Custos de Investimento (\$dólares/hab)	Tempo de Retenção Total (dias)	Remoção de Lamas (m³/hab.ano)
	CBO <sub>5</sub>	Azoto	Potássio	Coliformes	Ocupação do solo (m²/hab)	Energia (W/hab)			
Lagoa Facultativas	75 - 85	30 - 50	20 - 60	60 - 99	2,0 – 5,0	~ 0	10 - 30	15 – 30	
Lagoa Anaeróbia / Lagoa Facultativa	75 - 90	30 - 50	20 - 60	60 – 99,9	1,3 – 3,5	~ 0	10 - 25	12 – 24	
Lagoa Facultativa Arejada	75 - 90	30 - 50	20 - 60	60 - 96	0,25 – 0,5	1,0 – 1,7	10 - 25	3 – 9	
Lamas Activadas	85 - 93	30 - 40	30 - 45	60 - 90	0,2 – 0,3	1,3 – 2,8	60 - 120	0,4 – 0,6	1,1 – 1,5
Leitos Percoladores	85 - 93	30 - 40	30 - 45	60 - 90	0,5 – 0,7	0,2 – 0,6	50 - 90	NA	0,4 – 0,6
Digestão Anaeróbia	60 - 80	10 - 25	10 - 20	60 - 90	0,05 – 0,10	~ 0	20 - 40	0,3 – 0,5	0,07 – 0,1
Fossa Séptica	70 - 90	10 - 25	10 - 20	60 - 90	0,2 – 0,4	~ 0	30 - 80	1,0 – 2,0	0,07 – 0,1
Infiltração lenta no solo	94 - 99	65 - 95	75 - 99	> 99	10 - 50	~ 0	10 - 20	NA	
Infiltração rápida no solo	86 - 98	10 - 80	30 - 99	> 99	1 - 6	~ 0	5 - 15	NA	

## **Anexo III**

### **Questionário Inicial para Recolha de Dados sobre o Sistema de Saneamento do Mindelo**



## **Ligações à rede de saneamento**

### Dados de Base

Nº total de ligações à rede de saneamento

Nº de clientes/ligações legais

% ligações ilegais

Serviço responsável pela ligação à rede

### Custos

Taxa de ligação (Custo em ECV)

Taxa fixa anual/mensal (Custo em ECV)

Outras taxas (Custo em ECV)

Custo de cada ligação (Custo em ECV)

## **Implantação da Rede de colectores**

	Diâmetro	Material	Implantação
Colector A			
Colector B			
Colector G			
Colector N			
Colector P			
Interceptor 1			
Interceptor 2			
Interceptor 3			
Emissário			
Colectores secundários			
Colectores terciários			

## **Fossas Sépticas**

Nº total

Localização/implantação

Tipo de estrutura

Frequência da limpeza

Serviço responsável pela limpeza

Custo da limpeza/esvaziamento

Destino final da lama retirada

---

## **Sentinas Municipais**

### Dados de Base

Nº total de sentinas

Localização/implantação

Nº de sentinas ligadas à rede de abastecimento de água

Tipo de fornecimento de água (camião cisterna, rede de abastecimento)

Número de Sentinas ligadas ao sistema de saneamento

Tipo de sistema de saneamento associado às sentinas (rede de colectores, fossas sépticas, outros)

### Custos

Taxa de utilização das instalações sanitárias

Custo da água de abastecimento

Custo de manutenção e limpeza as sentinas

## **Caixas de visita**

Forma/características construtivas

Materiais de construção

Caixa de transição

Esquema

## **Emissário**

Material

Diâmetro

Extensão

Implantação

---

## Estações de bombagem

Fichas dos equipamentos

Características das Estações Elevatórias

Nome / Referência	EE1 Comando Naval	EE2 Caisinho	EE3 Campinho	EE4 Golf
<b>Grupos electrobomba</b>				
Instalados				
Reserva				
Ano de construção				
<b>Bomba</b>				
Marca				
Modelo/tipo				
Caudal				
Altura manométrica				
Material				
<b>Motor</b>				
Marca				
Modelo/tipo				
Potência normal do motor à carga máxima				
Velocidade de rotação da bomba				
Potência mínima necessária para arrancar a bomba				
Diferença de Potencial entre terminais				
Intensidade inicial				
Eficiência do motor na carga máxima				
<b>Quadro Eléctrico</b>				
<b>Bóias de nível</b>				

Verificação do Estado de conservação das Estações Elevatórias (constituição de registo fotográfico)

Motor	Comando Naval	Caisinho	Campin	Golf
Válvulas				
Barra guia das bombas				
Tubagem de saída das águas bombeadas				
Bóias de nível				
Escadas de acesso ao poço de bombagem				
Grades de retenção dos sólidos				
Outros				

---

## Viaturas de Apoio

Nº viaturas

<b>Viatura</b>			
Marca			
Modelo			
Matrícula			
Ano			
<b>Caixa</b>			
Nº de depósitos			
Depósito água suja			
Depósito água limpa			
Sistema de aspiração			
Sistema pressão água			
Agulheta			
Mangueira (m)			
Mangueira material			
Pressão de serviço			
Material acessório			
Estado de conservação			
Plano de Manutenção			
Quem faz manutenção			
Observações			

---

**Recursos Humanos**

No	NOME	DATA NASCIMENTO	FUNÇÃO	VENCIMENTO TOTAL MENSAL	HABILIT.LITER ÂR	CURSOS DE FORM/EST	DATA ENTRADA SERVIÇO	DATA INÍCIO FUNÇÃO	VÍNCULO NA CÂMARA

**Custos do sistema saneamento nos anos anteriores**

Custo de manutenção viaturas  
Custo de manutenção da rede de saneamento  
Custo de ampliação da rede de saneamento  
Custo de reparação mecânica das EE  
Custo de reparação eléctrica das EE  
Custo de construção civil das EE  
Outros custos

**Planos de Manutenção e Fiscalização**

Plano de manutenção da rede  
Manutenção preventiva  
Manutenção curativa  
Plano de Manutenção das viaturas  
Manutenção/revisão  
Reparações  
Plano de Fiscalização dos Recursos Humanos  
Mecanismos de controlo



## **Anexo IV**

### **Guião para Obtenção de Dados das Estações Elevatórias do Sistema de Saneamento do Mindelo**

## Estações Elevatórias

Nome/Localização:

Ano de construção:

Ano de Início de Actividade:

Data da última manutenção:

Periodicidade da Manutenção:

<b>Grupos Electrobomba</b>	
nº de grupos projectado/real	
Caudal (m3/h)	
Altura manométrica (mca)	
Tipo de bomba	
Marca e modelo da bomba	
Marca e modelo do motor	
Potência instalada (kW)	
Velocidade de rotação (rpm)	
Eficiência (%)	
Binário (Nm)	
Intensidade (A)	
Diferença de potencial nos terminais (V)	
<b>Funcionamento</b>	
<b>Bóias de Nível</b>	
<b>Observações/Estado de Conservação</b>	

<b>Gradagem</b>
<b>By-pass</b>
<b>Esquema</b>
<b>Estado geral de conservação – Notas e observações</b>

## **Anexo V**

### **Guião para Obtenção de Dados de Operação da ETAR do Mindelo**

## **ETAR**

### **Operação e Manutenção**

	<b>Local de intervenção</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Material utilizado</b>	<b>Procedimentos</b>
<b>Controlo das válvulas de passagem de água entre lagoas</b>				
<b>Controlo da vegetação</b>				
<b>Remoção de Escumas</b>				
<b>Remoção de Lamas</b>				
<b>Reparação da Tela</b>				
<b>Limpeza entrada das lagoas</b>				
<b>Limpeza do medidor de caudal, pH e condutivímetro</b>				
<b>Calibração do medidor de caudal, pH, condutivímetro**</b>				
<b>Inspecção de válvulas e bombas</b>				
<b>Inspecção de quadro eléctricos e de controlo</b>				

## **Anexo VI**

### **Quadro Resumo das Características das Estações de Bombagem do Sistema de Saneamento do Mindelo**

## Quadro Resumo das Características das Estações de Bombagem

Nome / Referência	EE1 Comando Naval	EE2 Caisinho	EE3 Campinho	EE4 Golf
<b>Grupos electrobomba</b>				
Instalados	1 antigo reparado	1 novo	1 novo	2 antigos (como novos)
Reserva	2 (1 antigo reparado + 1 novo)	2 antigos reparados	2 antigos reparados	nenhum
Ano de construção	1985	1985	1985	1992
<b>Bomba</b>				
Marca	Ritz Pumpenfabrik	ABS	Ritz Pumpenfabrik	
Modelo/tipo	F 2510/3/4	AFP 25 HD	F 2510/10	
Caudal	36 m <sup>3</sup> /h	120 m <sup>3</sup> /h	36 m <sup>3</sup> /h	60 m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica	6 mca	24 mca	20 mca	
Material	Ferro fundido	Ferro fundido	Ferro fundido	
<b>Motor</b>				
Marca	Ritz Pumpenfabrik	ABS		
Modelo/tipo	A 302 ex	EE X		
Potência do motor	3,0 – 4,0 kW	18,5 – 21 kW	7 kW	12 kW
Velocidade de rotação da bomba	1400 rpm	1450 rpm		
Potência mínima necessária para arrancar a bomba	1,5 kW	12 kW		
Diferença de Potencial entre terminais	380 V	380 V	380 V	380 V
Intensidade inicial	38,7 A	38 A	25 A	
Eficiência do motor na carga máxima	75,90 %	82,90 %		
<b>Válvulas</b>				
Entrada	1 válvula cunha φ 300	1 válvula de cunha tradicional em canal aberto	1 válvula cunha φ 200	1 válvula cunha φ 300
Saída	2 válvulas cunha φ 100 2 válvulas retenção φ 100	2 válvulas cunha φ 200 2 válvulas retenção φ 200	2 válvulas cunha φ 100 2 válvulas retenção φ 100	2 válvulas cunha φ 100 2 válvulas retenção φ 100
<b>Quadro Eléctrico</b>	de funcionamento manual e automático	de funcionamento manual e automático	de funcionamento manual e automático	de funcionamento manual e automático
<b>Bóias de nível</b>	2 bóias (ambas fazem o arranque e a paragem)	2 bóias (1 de arranque e 1 de paragem)	2 bóias (1 de arranque e 1 de paragem)	3 bóias (nível mínimo, médio e máximo)

## **Anexo VII**

### **Métodos de Análise Utilizados na Campanha de Determinação da Qualidade da Água da ETAR do Mindelo**



Parâmetros	Métodos de Análise
pH	Electrometria
Temperatura	Termometria
Condutividade	Electrometria
Cloretos	Método de Mohr (titulação)
Alcalinidade	Titulação
Sólidos Totais	Secagem a 180°C e pesagem (resíduo seco)
Sólidos Suspensos Totais	Filtração sobre membrana, secagem e pesagem
Sólidos Sedimentáveis	Volumetria (cone de Imhoff)
Sólidos Suspensos Voláteis	Por perda a 525°C e diferença
Matéria Seca Volátil	Por perda a 525°C e diferença
CQO (Carência Química de Oxigênio)	Espectofotometria de absorção molecular
Azoto Total	Espectofotometria de absorção molecular
Azoto Amoniacal	Espectofotometria de absorção molecular
Nitratos	Espectofotometria de absorção molecular
Nitritos	Espectofotometria de absorção molecular
Fosfatos	Espectofotometria de absorção molecular
Sulfatos	Espectofotometria de absorção molecular
Coliformes Totais	Por incorporação em meio gelosado (VRBL) a 37°C
Coliformes Fecais	Por incorporação em meio gelosado (VRBL) a 44°C
Potássio	Espectofotometria de absorção molecular
Ferro	Espectofotometria de absorção molecular
Cobre	Espectofotometria de absorção molecular
Zinco	Espectofotometria de absorção molecular
Níquel	Espectofotometria de absorção molecular
Crômio	Espectofotometria de absorção molecular

## **Anexo VIII**

### **Parâmetros Analisados por Ponto de Amostragem na Campanha de Determinação da Qualidade da Água da ETAR do Mindelo**

Parâmetros	Pontos de Amostragem					
	1	2A	2B	4	7	8
pH	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Temperatura	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Condutividade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cloretos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alcalinidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sólidos Totais	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sólidos Suspensos Totais	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sólidos Sedimentáveis	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sólidos Suspensos Voláteis	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Matéria Seca Volátil	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CQO (Carência Química de Oxigênio)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Azoto Total	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Azoto Amoniacal						✓
Nitratos						✓
Nitritos						✓
Fosfatos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sulfatos						✓
Coliformes Totais	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coliformes Fecais	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Potássio						✓
Ferro						✓
Cobre						✓
Zinco						✓
Níquel						✓
Crômio						✓